

Señor
Director de la Dirección de Nuevas Creaciones
Superintendencia de Industria y Comercio
Ministerio de Comercio, Industria y Turismo
E. S. D.

Re.: Expediente No. **NC2017/0002125**
Solicitud de Patente de Invención
“EXTREMO DE VARILLA DE BOMBEO”
Solicitante: **TENARIS CONNECTIONS B.V.**

MODIFICACIÓN VOLUNTARIA SOLICITUD PATENTE DE INVENCION

Yo, **MARGARITA CASTELLANOS ABONDANO**, mayor de edad, identificada y domiciliada como aparece al pie de mi firma, obrando en mi calidad de apoderada de la sociedad solicitante del asunto citado en la referencia, atentamente me permito presentar la modificación voluntaria del capítulo reivindicatorio, descripción y figuras de la solicitud de patente de invención en referencia.

Anexo el comprobante de pago por concepto de la modificación y una reivindicación adicional (que completan el estudio de 18 reivindicaciones) y los documentos mencionados.

Señor Director,



Margarita Castellanos Abondano
C.C. No. **39.779.654** de Bogotá
T.P.A. No. **70.819** del C. S. J.
Calle 94 A No. 7 A-09 - Bogotá, D.C.
Teléfono (PBX): 7560770

Bogotá,
MCA/lt
P4581
MODIFICACIÓN VOLUNTARIA



Resultado de la Transacción

Nombre : MARIA TERESA ESPINOSA

Codigo : 8001760892

Empresa : SUPERINTENDENCIA DE INDUSTRIA Y COMERCIO

Transacción : 22876586

Fecha : 07/03/17

Valor Total : 183000,00

Valor IVA : 0,00

Descripción del Pago :

SIPI

Referencias :

190.145.20.188

CC

39779654

Número de Cuenta : 11011145

Tipo Cuenta : Cuenta Corriente

Número Autorización : 000978788

Fecha Proceso: 07/03/17

Hora Proceso : 15:24:20

Resultado : PAGO REALIZADO CON ÉXITO

EXTREMO DE VARILLA DE BOMBEO

Campo de la invención

La presente descripción se refiere generalmente al campo de las sarta de varillas de bombeo usadas en pozos de petróleo y, más particularmente, a un diseño de extremo para una varilla de bombeo.

Antecedentes

El uso de varillas de bombeo dentro de la tubería de producción en un pozo de petróleo es muy conocido en la técnica. La Figura 1 es una vista esquemática que ilustra un sistema de bombeo de la técnica anterior. Como se muestra en la Figura 1 de la técnica anterior, una unidad de bombeo 1 se une a una varilla pulida 2. La varilla pulida 2 está unida longitudinalmente a una sarta de varillas de bombeo 5 dispuesta dentro de una sarta de tuberías 3 que está dispuesta en una sarta de carcasas 4. La sarta de varillas de bombeo 5 está compuesta por múltiples varillas de bombeo individuales de acuerdo a la norma del American Petroleum Institute (API) 11B (en adelante "sarta de varillas de bombeo de acuerdo a API 11B") acopladas entre sí en múltiples conexiones 10 (sólo se ilustra una). En el extremo inferior de la sarta 5 de varillas de bombeo API 11B hay una bomba alternativa (no se ilustra). A medida que la unidad de bombeo desplaza la sarta de varillas 5 en dirección descendente, el cilindro de la bomba se llena del fluido de producción 7 a producir. Recíprocamente, a medida que la unidad de bombeo desplaza la sarta de varillas de succión API 11B 5 hacia arriba, una válvula en la bomba se cierra y el fluido de producción 7 en el cilindro se eleva, desplazándose el fluido de producción por arriba de este y forzándolo por la sarta de tubería 3 en el centro alrededor de la sarta API 11B 5 y las conexiones 10 en dirección a la superficie de la tierra, finalmente fluyendo por las válvulas y conexiones de la tubería (no se ilustran) para su almacenamiento y procesamiento.

La sarta de varillas de bombeo API 11B 5 debe extenderse desde la unidad de bombeo 1 en dirección descendente hasta la bomba alternativa, que puede encontrarse a varios miles de pies debajo de la superficie. Según se ha indicado, la sarta de varillas de bombeo API 11B 5 está constituida por múltiples varillas de bombeo API 11B individuales acopladas entre si mediante múltiples conexiones 10.

La Figura 1A ilustra una vista en sección transversal lateral ampliada de la conexión 10 de la Figura 1. La conexión 10 incluye un extremo de perno roscado 29 sobre dos varillas de bombeo API 11B adyacentes conectadas entre si mediante un acople hembra doble estándar 17. El acople 17 se atornilla sobre los pernos de las varillas adyacentes (“armado”) hasta que los extremos del acople se ponen en contacto con una cara 26 de un resalto de perno 28 de la varilla de bombeo.

La Figura 2 es una vista en sección transversal lateral que ilustra una varilla de bombeo del arte previo API 11B 20 que posee conexiones terminales de acuerdo a la norma API 11B en ambos extremos. La varilla de bombeo 20 incluye una porción de cuerpo de varilla 22 que posee un diámetro D_{API} y una porción de talón elevada 23 que transita desde el cuerpo de varilla 22 hasta una porción plana de llave 27. La porción plana de llave 27 típicamente incluye cuatro caras de llave 24. La porción plana de llave 27 termina en un resalto de perno 28 que posee una cara de resalto de perno 26 que se pone en contacto con el extremo del acople 17 (véase la Figura 1A) cuando los extremos de perno roscados 29 se arman en el acople 17 para formar la conexión 10. La superficie circunferencial externa de la varilla 20 incluye una sección de transición que transita desde el cuerpo de varilla 22 al talón 23. La sección de transición incluye un radio de curvatura R_{API} que se extiende desde el diámetro del cuerpo de varilla D_{API} hasta el talón elevado 23. El radio de curvatura R_{API} termina en un punto de inflexión en la superficie del talón elevado 23 en tanto la superficie del talón elevado luego transita hasta la sección plana de llave 27. La cara de llave 24 tiene un ancho W_{SAPI} (transversal a un eje AA de la varilla 20) y una longitud L_{WSAPI} (a lo largo del eje AA de la varilla 20). La conexión 10 además incluye una longitud de perno L_{PAPI} y una longitud de alivio de esfuerzo L_{SAPI} . La Tabla I a continuación incluye los valores para los parámetros físicos expresados en milímetros (“mm”) y las relaciones no dimensionales de la conexión de varilla API 11B 10 ilustrada en la Figura 2.

Tabla I: Datos de extremo de varilla de bombeo correspondientes a la varilla del arte previo conforme API 11B de acuerdo a la Figura 2

Elemento	¾ de pulgada Diámetro de Varilla Nominal	7/8 de pulgada Nominal diámetro de varilla	1 pulgada Nominal diámetro de varilla
D _{RAPI} (mm)	19.05	22.2	25.4
R _{AAPI} (mm)	57.1	66.7	76.2
L _{WSAPI} (mm)	31.75	31.75	38.1
W _{SAPI} (Mínimo) (mm)	24.7	24.7	32.6
W _{SAPI} (Máximo) (mm)	26.1	26.1	34.1
Rango de W _{SAPI} /D _{RAPI}	1.3-1.37	1.11-1.18	1.28-1.34
W _{SAPI} para la realización de la Figura 2 (mm)	25.4	25.4	33.3
W _{SAPI} /D _{RAPI} para la realización de la Figura 2 (mm)	1.33	1.14	1.31
R _{AAPI} /D _{DAPI} para la realización de la Figura 2 (mm)	2.997	3.005	3

Se ha observado que las varillas de bombeo API 11B 20 tienen por lo menos los siguientes problemas durante el uso, por ejemplo:

Rupturas en la zona del talón elevado 23 y cara de llave 24 debidas a fallas por fatiga (el talón elevado es una zona que frecuentemente incluye un alto número de defectos de superficie) (debidos al proceso de forjado que se emplea para producir esa geometría) y el cuadrado de llave está sujeto a daños producidos por las llaves de fuerza usadas para armar y desarmar la conexión 20);

Muchas varillas deben ser reconstituidas en la zona del talón elevado 23 debido a las torceduras durante la forja; y

Alto desgaste del tren de varillas 5 debido a la erosión y corrosión por el movimiento del fluido de producción 7 en el centro entre la pared interna de la tubería 3 y las conexiones de las varillas de bombeo 10, 20.

Un nuevo diseño de conexión terminal de varillas de bombeo resulta necesario para superar estos y otros problemas asociados con las conexiones terminales de las varillas de bombeo de acuerdo a API.

Resumen de la invención

Los extremos de las varillas de bombeo del arte previo se han fabricado de acuerdo a la norma API 11B por muchos años. Aunque el diseño de API es adecuado para varillas de bombeo, se han producido algunas fallas por fatiga, particularmente cuando se someten a cargas axiales elevadas. La presente invención describe un diseño nuevo de extremo de varilla de bombeo que incluye mejoras en la geometría del extremo de la varilla que proporciona tensiones reducidas y mejor resistencia a la fatiga particularmente en la zona cuadrada de llave y forjada de esta nueva varilla. Este nuevo diseño proporciona costos de operación reducidos de los pozos que usan varillas de bombeo. Además, el nuevo diseño de varilla proporciona una geometría más uniforme para el calentamiento por inducción durante el proceso de fabricación.

La presente invención describe e ilustra una varilla de bombeo mejorada que posee un primer extremo que incluye: un cuerpo de varilla de bombeo 122 que posee una superficie externa en general cilíndrica, un eje longitudinal y un diámetro de varilla D_R ; y una sección de transición 125 que posee un eje longitudinal. La sección de transición posee un extremo distal adyacente a un extremo próximo del cuerpo de varilla de bombeo con el eje longitudinal de la sección de transición y el eje longitudinal del cuerpo de la varilla alineado. La sección de transición además incluye una superficie externa dispuesta circunferencialmente sobre el eje longitudinal de la sección de transición, en tanto la superficie externa incluye un perfil longitudinal con una curva continua que comienza en la superficie externa cilíndrica del cuerpo de la varilla y posee una porción curva cóncava que posee un radio R_A y una porción curva convexa que posee un radio (R_B), en tanto R_B es menor que R_A y un diámetro de la sección de transición 125 medido transversal al eje longitudinal aumenta continuamente en distancia desde la superficie externa de la varilla.

El extremo de la varilla de bombeo además incluye una sección cuadrada de llave 127 que posee un extremo distal adyacente a un extremo próximo de la sección de transición, en tanto la sección cuadrada de llave posee un eje longitudinal alineado con el eje longitudinal del cuerpo de la varilla y la sección cuadrada de llave incluye

por lo menos cuatro planos de llave 124 ortogonales entre si. Cada sección cuadrada de llave 127 posee un ancho en sección transversal W_s medido transversal a un eje AA del cuerpo de la varilla y es la distancia transversal a través del cuerpo de varilla entre dos planos de llave paralelos (véanse las Figuras 5 y 7) . En algunas implementaciones, los planos de llave adyacentes 124 pueden reunirse en un vértice biselado C.

El extremo de la varilla de bombeo además incluye una sección de resalto de perno 128 que posee un extremo distal adyacente a un extremo próximo de la sección cuadrada de llave. La sección de resalto de perno 128 posee un eje longitudinal alineado con el eje longitudinal del cuerpo de la varilla, y una cara de resalto de perno 126 que se dispone sobre un extremo próximo de la sección de resalto de perno. La cara de resalto de perno está adaptada para contactar un extremo de un acople y la cara de resalto de perno posee un diámetro externo D_F .

El extremo de la varilla de bombeo además incluye una sección de conexión de perno roscada 129 que posee un eje longitudinal alineado con el eje longitudinal del cuerpo de la varilla, dicha sección de conexión de perno roscada posee un extremo distal adyacente a un extremo próximo de la sección de resalto de perno 128, dicha sección de conexión de perno roscada incluye filetes dispuestos sobre una porción de una superficie externa circunferencial de la sección de conexión de perno roscada en tanto los filetes están configurados para coincidir con los filetes dentro del acople.

En algunas implementaciones, la varilla de bombeo puede además incluir un segundo extremo de la varilla de bombeo que posee una segunda sección de transición 125 que posee un eje longitudinal. La segunda sección de transición puede incluir un extremo distal adyacente a un extremo proximal del cuerpo de varilla de bombeo con el eje longitudinal de la sección de transición y el eje longitudinal del cuerpo de la varilla alineado, en tanto la sección de transición posee una superficie externa dispuesta circunferencialmente sobre el eje longitudinal de la sección de transición y la superficie externa posee un perfil longitudinal que comprende una curva continua que comienza en la superficie externa cilíndrica del cuerpo de la varilla y posee una porción curva cóncava que posee un radio R_A y una

porción curva convexa posee un radio (R_B), en tanto R_B es menor que R_A y un diámetro de la sección de transición 125 medido transversal al eje longitudinal aumenta continuamente en distancia desde la superficie externa de la varilla.

En algunas implementaciones, el segundo extremo de la varilla de bombeo puede además incluir una segunda sección cuadrada de llave 127 que posee un extremo distal adyacente a un extremo próximo de la sección de transición, en tanto la sección cuadrada de llave posee un eje longitudinal alineado con el eje longitudinal del cuerpo de la varilla y la sección cuadrada de llave incluye por lo menos cuatro planos de llave 124 ortogonales entre si. Cada sección cuadrada de llave 127 posee un ancho en sección transversal W_S medido transversal a un eje AA del cuerpo de la varilla y es la distancia transversal a través del cuerpo de varilla entre dos caras de llave paralelas (véanse las Figuras 5 y 7) . En algunas implementaciones, los planos de llave adyacentes 124 pueden reunirse en un vértice biselado C. En algunas implementaciones, los planos de llave adyacentes 124 pueden reunirse en un vértice biselado C.

En algunas implementaciones, el segundo extremo de la varilla de bombeo puede además incluir una segunda sección de resalto de perno 128 que posee un extremo distal adyacente a un extremo próximo de la sección cuadrada de llave. La sección de resalto de perno 128 posee un eje longitudinal alineado con el eje longitudinal del cuerpo de la varilla, y una cara de resalto de perno 126 que se dispone sobre un extremo próximo de la sección de resalto de perno. La cara de resalto de perno está adaptada para contactar un extremo de un acople, dicha cara de resalto de perno posee un diámetro externo D_F .

En algunas implementaciones el segundo extremo de la varilla de bombeo puede tener una segunda sección de conexión de perno roscada 129 con un eje longitudinal alineado con el eje longitudinal del cuerpo de la varilla. La sección de conexión de perno roscada posee un extremo distal adyacente a un extremo próximo de la sección de resalto de perno 128, y la sección de conexión de perno roscada incluye filetes dispuestos sobre una porción de una superficie externa circunferencial de la sección de conexión de perno roscada. Los filetes están configurados para coincidir con los filetes dentro de un segundo acople.

En algunas implementaciones, la sección de resalto de perno 128, del primero y/o segundo extremo de varilla, incluye una superficie externa circunferencial que transita desde la sección cuadrada de llave 127 y la cara de resalto. La sección de resalto de perno 128 posee un diámetro medido transversal al eje longitudinal y aumenta continuamente en distancia desde la sección cuadrada de llave a lo largo del eje longitudinal de la sección de resalto de perno.

En algunas implementaciones el primero y/o segundo extremo de varilla incluye un canal de alivio de esfuerzo 121 dispuesto entre la cara de resalto de perno 126 y los filetes de la sección de conexión de perno roscada 129.

En algunas implementaciones el primero y/o segundo extremo de varilla tiene una relación W_s/D_R de por lo menos 1.5.

En algunas implementaciones el primero y/o segundo extremo de varilla incluye una relación R_A/D_R de por lo menos 3.3.

En algunas implementaciones un diámetro transversal máximo del acople del primero y/o segundo extremo de varilla es mayor que el diámetro externo transversal máximo del cuerpo de la varilla 122, la sección de transición 125, la sección de conexión de perno roscada 129 y la sección de resalto de perno 128.

En algunas implementaciones el primero y/o segundo extremo de varilla incluye un vértice biselado que posee una superficie sustancialmente plana circunscripta en un Diámetro D_C inferior al diámetro D_F .

La presente invención describe e ilustra un método mejorado de acople de varillas de bombeo que incluye los pasos de:

proveer una primera varilla de bombeo que incluye:

un cuerpo de varilla de bombeo 122 que posee una superficie externa en general cilíndrica, un eje longitudinal y un diámetro de varilla D_R ;

una sección de transición 125 que posee un eje longitudinal, dicha sección de transición posee un extremo distal adyacente a un extremo proximal del cuerpo de varilla de bombeo con el eje longitudinal de la sección de transición y el eje longitudinal del cuerpo de la varilla alineado, dicha sección de transición incluye una superficie externa dispuesta circunferencialmente sobre el eje longitudinal de la sección de transición, dicha superficie externa posee un perfil longitudinal que comprende una curva continua que comienza en la superficie externa cilíndrica del cuerpo de la varilla y posee una porción curva cóncava posee un radio R_A y una porción curva convexa posee un radio (R_B), en tanto R_B es menor que R_A y un diámetro de la sección de transición 125 medido transversal al eje longitudinal aumenta continuamente en distancia desde la superficie externa de la varilla;

una sección cuadrada de llave 127 posee un extremo distal adyacente a un extremo próximo de la sección de transición, dicha sección cuadrada de llave posee un eje longitudinal alineado con el eje longitudinal del cuerpo de la varilla, dicha sección cuadrada de llave comprende por lo menos cuatro planos de llave 124, cada plano de llave mencionada 124 tiene un ancho W_S medido transversal a un eje AA del cuerpo de la varilla;

una sección de resalto de perno 128 posee un extremo distal adyacente a un extremo próximo de la sección cuadrada de llave, dicha sección de resalto de perno 128 posee un eje longitudinal alineado con el eje longitudinal del cuerpo de la varilla, y posee una cara de resalto de perno 126 que se dispone sobre un extremo próximo de la sección de resalto de perno, dicha cara de resalto de perno posee un diámetro externo D_F , en tanto la sección de resalto de perno 128 incluye una superficie externa circunferencial que transita desde la sección cuadrada de llave 127 y la cara de resalto en tanto la sección de resalto de perno 128 posee un diámetro medido transversal al eje longitudinal que aumenta continuamente en distancia desde la sección cuadrada de llave a lo largo del eje longitudinal de la sección de resalto de perno, en tanto la relación R_A/D_R es de por lo menos 3.3;

una sección de conexión de perno roscada 129 posee un eje longitudinal alineado con el eje longitudinal del cuerpo de la varilla, dicha sección de conexión de perno roscada posee un extremo distal adyacente a un extremo próximo de la sección de resalto de perno 128, dicha sección de conexión de perno roscada que

incluye filetes macho dispuestos sobre una porción de una superficie externa circunferencial de la sección de conexión de perno roscada; y

proveer una segunda varilla de bombeo que incluye:

un cuerpo de varilla de bombeo 122 que posee una superficie externa en general cilíndrica, un eje longitudinal y un diámetro de varilla D_R ;

una sección de transición 125 posee un eje longitudinal, dicha sección de transición posee un extremo distal adyacente a un extremo proximal del cuerpo de varilla de bombeo con el eje longitudinal de la sección de transición y el eje longitudinal del cuerpo de la varilla alineado, dicha sección de transición incluye una superficie externa dispuesta circunferencialmente sobre el eje longitudinal de la sección de transición, dicha superficie externa posee un perfil longitudinal que comprende una curva continua que comienza en la superficie externa cilíndrica del cuerpo de la varilla y posee una porción curva cóncava que posee un radio R_A y una porción curva convexa que posee un radio (R_B), en tanto R_B es menor que R_A y un diámetro de la sección de transición 125 medido transversal al eje longitudinal aumenta continuamente en distancia desde la superficie externa de la varilla;

una sección cuadrada de llave 127 posee un extremo distal adyacente a un extremo próximo de la sección de transición, dicha sección cuadrada de llave posee un eje longitudinal alineado con el eje longitudinal del cuerpo de la varilla, dicha sección cuadrada de llave comprende por lo menos cuatro planos de llave 124, cada plano de llave mencionada 124 tiene un ancho W_S medido transversal a un eje AA del cuerpo de la varilla;

una sección de resalto de perno 128 posee un extremo distal adyacente a un extremo próximo de la sección cuadrada de llave, dicha sección de resalto de perno 128 posee un eje longitudinal alineado con el eje longitudinal del cuerpo de la varilla, y posee una cara de resalto de perno 126 que se dispone sobre un extremo próximo de la sección de resalto de perno, dicha cara de resalto de perno posee un diámetro externo D_F , en tanto la sección de resalto de perno 128 incluye una superficie externa circunferencial que transita desde la sección cuadrada de llave 127 y la cara de resalto en tanto la sección de resalto de perno 128 posee un diámetro medido transversal al eje longitudinal que aumenta continuamente en distancia desde la

sección cuadrada de llave a lo largo del eje longitudinal de la sección de resalto de perno, en tanto la relación R_A/D_R es de por lo menos 3.3;

una sección de conexión de perno roscada 129 posee un eje longitudinal alineado con el eje longitudinal del cuerpo de la varilla, dicha sección de conexión de perno roscada posee un extremo distal adyacente a un extremo próximo de la sección de resalto de perno 128, dicha sección de conexión de perno roscada incluye filetes dispuestos sobre una porción próxima de una superficie externa circunferencial de la sección de conexión de perno roscada; en tanto la sección de resalto de perno 128 incluye una superficie externa circunferencial que transita desde la sección cuadrada de llave 127 y la cara de resalto; y

proveer un acople que posee una porción próxima con filetes hembra y una cara próxima y una porción distante que posee filetes hembra y una cara distante;

insertar un extremo próximo de la conexión de perno roscada de la primer varilla en la porción próxima de un acople; y

rotar la varilla de bombeo o el acople hasta que la cara de resalto de perno de la primera varilla entra en contacto con la cara próxima del acople; y

insertar un extremo próximo de la conexión de perno roscada de la segunda varilla en la porción distal de un acople; y

rotar el segundo varilla de bombeo o el acople hasta que la cara de resalto de perno de la segunda varilla se pone en contacto con la cara proximal del acople.

En algunas implementaciones, el método de acople de varillas de bombeo incluye la primera varilla en tanto los planos de llave adyacentes 124 de la primera varilla de bombeo son ortogonales entre si y se reúnen en un vértice biselado que comprende una superficie plana. Cada plano de llave 124 tiene un ancho W_s medido transversal a un eje AA del cuerpo de la varilla y es la distancia transversal a través del cuerpo de varilla entre las dos caras de llave paralelas (véanse las Figuras 5 y 7) En algunas implementaciones, los planos de llave adyacentes 124 pueden reunirse en un vértice biselado C. El método incluye una segunda varilla en tanto los planos de llave adyacentes 124 de la segunda varilla de bombeo son ortogonales entre si y se reúnen en un vértice biselado que comprende una superficie plana. Cada plano de llave 124 tiene un ancho W_s medido transversal a un eje AA del cuerpo de la varilla

y es la distancia transversal a través del cuerpo de varilla entre dos planos de llave paralelos (véanse las Figuras 5 y 6) . En algunas implementaciones, los planos de llave adyacentes 124 pueden reunirse en un vértice biselado C.

Breve descripción de los dibujos

La Figura 1 es un esquema de un sistema de bombeo del arte previo que ilustra una sarta de varilla de bombeo del arte previo de acuerdo a la norma API 11B dentro de una sarta de tubería en un pozo;

La Figura 1A es una vista en sección transversal lateral ampliada de un extremo de varilla de bombeo del arte previo de la varilla de bombeo del arte previo de acuerdo a API 11B de la Figura 1;

La Figura 2 es una vista en sección transversal lateral de la varilla de bombeo de acuerdo a API 11B de la Figura 1;

La Figura 3 es una vista en perspectiva de un nuevo extremo de la varilla de bombeo de la presente invención;

La Figura 4 es una vista en sección transversal superior del extremo de la varilla de bombeo de la Figura 3;

La Figura 5 es una vista en sección transversal terminal del extremo de la varilla de bombeo de la Figura 4;

La Figura 6 es una vista en sección transversal lateral del extremo de la varilla de bombeo de la Figura 3 rotado a 45 grados desde la vista superior ilustrada en la Figura 4; y

La Figura 7 es una vista en sección transversal terminal del extremo de la varilla de bombeo de la Figura 6.

Las mismas referencias en los distintos dibujos identifican elementos iguales.

Descripción detallada de los dibujos

La Figura 3 es una vista en perspectiva de un extremo de la varilla de bombeo de la presente invención y la Figura 4 es una vista en sección transversal superior del extremo de la varilla de bombeo de la Figura 3. La varilla de bombeo 100 incluye una porción de cuerpo de varilla 122 que posee un diámetro D_R y una sección de transición 125 que transita desde el cuerpo de varilla 122 a una sección cuadrada de llave 127 que posee una pluralidad de caras de llave 124.

La sección de transición 125 incluye una superficie externa circunferencial que posee una primera porción curva cóncava (vista desde el exterior) que posee un radio R_A y una segunda porción curva convexa posee un radio R_B . El radio R_A y el radio R_B se reúnen en un punto de inflexión (IP) donde las superficies curvas A y B son tangenciales entre si. R_B es menor que R_A y un diámetro de la sección de transición 125 medido transversal al eje longitudinal aumenta continuamente en distancia desde la cuerpo de varilla a lo largo del eje longitudinal de la sección de transición. La sección de transición 125 termina en una sección cuadrada de llave 127.

La sección cuadrada de llave 127 incluye un extremo distal adyacente a un extremo próximo de la sección de transición, en tanto la sección cuadrada de llave posee un eje longitudinal alineado con el eje longitudinal del cuerpo de la varilla y la sección cuadrada de llave incluye por lo menos cuatro planos de llave 124 ortogonales entre si. La sección cuadrada de llave 127 termina en una sección de resalto de perno 128 que posee una cara de resalto de perno 126 que contacta el extremo de un acople estándar (por ejemplo de un acople estándar, véase ítem 27 en la Figura 1A) cuando los extremos de perno roscados 129 se ensamblan con el acople para formar una conexión. Cada sección cuadrada de llave 127 posee un ancho en sección transversal W_s medido transversal a un eje AA del cuerpo de la varilla y es la distancia transversal a través del cuerpo de varilla entre dos planos de llave paralelos (véanse las Figuras 5 y 7) . En algunas implementaciones, los planos de llave adyacentes 124 pueden reunirse en un vértice biselado C. La longitud L_{ws} es la longitud del plano de llave (medido a lo largo del eje AA del cuerpo de la varilla 122).

La sección de resalto de perno 128 incluye una superficie externa circunferencial que incluye una superficie convexa (vista desde el exterior) que posee un radio R_{DF} . La sección de resalto de perno además incluye una cara de resalto de perno 126 con un Diámetro D_F (véanse las Figuras 5 y 6).

Una sección de conexión de perno roscada 129 que posee un eje longitudinal alineado con el eje longitudinal del cuerpo de la varilla se conecta a la sección de resalto de perno. La conexión de perno roscada incluye filetes macho adaptados para coincidir con los filetes hembra dentro del acople, un canal de alivio de esfuerzo 121 se dispone entre la cara del resalto 126 y los filetes de la conexión de perno roscada 129.

La Tabla I a continuación incluye los valores de los parámetros físicos expresados en milímetros (mm) y las relaciones dimensionales del ejemplo de realización de la presente invención conforme lo ilustrado en las Figuras 3-7.

TABLA II: Datos de extremo de varilla de bombeo del ejemplo de realización de las Figuras 3-7

Elemento	$\frac{3}{4}$ pulgada Diámetro de Varilla Nominal	$\frac{7}{8}$ de pulgada Diámetro de Varilla Nominal	1 pulgada Diámetro de Varilla Nominal
D_R (mm)	19.05	22.2	25.4
R_A (mm)	67	76.2	85.2
R_B (mm)	30	30	40
D_C (mm)	36	40	49
D_F (mm)	38	41.3	50.8
R_{DF} (mm)	25.4	25.4	27.2
L_{WS} (mm)	38.0	45.0	48.0
W_S (Mínimo) (mm)	27.8	32.60	37.4
W_S (Máximo) (mm)	29.4	34.10	38.8
Rango de W_S/D_R	1.46 – 1.54	1.47-1.54	1.47-1.53
W_S/D_R	1.50	1.51	1.50
R_A/D_R	3.517	3.432	3.374

El diseño de la presente invención reduce los esfuerzos en la sección plana de llave y la zona forjada y reduce las fallas por fatiga. El nuevo diseño de la presente invención ilustrado en las Figuras 3-7 y descrito en la presente incluye por lo menos las siguientes mejoras/beneficios con relación a la varilla de bombeo API 11B de las Figuras 1-2.

El talón elevado 23 en la conexión API 11B dispuesto entre la cara de llave 24 y el cuerpo de varilla de bombeo 22 se elimina en el nuevo diseño y en lugar del talón elevado 23, el cuerpo de varilla 122 del nuevo diseño se une con la sección cuadrada de llave 127 mediante una sección de transición uniforme 125 que incluye una superficie circunferencial externa continua que incluye una primera porción cóncava curva (vista desde el exterior) que posee un radio R_A y una segunda porción curva convexa que posee un radio R_B que se reúnen en un punto de inflexión IP. R_B es menor que R_A y un diámetro de la sección de transición 125 medido transversal al eje longitudinal aumenta continuamente en distancia desde la cuerpo de varilla a lo largo del eje longitudinal de la sección de transición.

Debido a la ausencia del talón elevado 23 en el nuevo diseño, es posible ampliar la dimensión del cuadrado de llave W_S y la dimensión del radio R_A en el nuevo diseño de extremo para un diámetro de varilla específico, pero se mantienen estos valores dentro de la norma API 11B en orden a usar equipamiento convencional para manipular las varillas y apretar las conexiones (por ejemplo, elevadores y llaves y tenazas). Con la nueva geometría de extremo de varilla, por ejemplo, es posible usar el valor de " W_{SAPI} " de la varilla API de 1" de diámetro en el nuevo diseño de varilla de 7/8" de diámetro. Esto maximiza la dimensión del ancho W_S de la porción cuadrada de llave 127 del nuevo extremo de varilla de bombeo en comparación con la cara de llave 24 de API 11B para el mismo diámetro de varilla, aunque las dimensiones del cuadrado de llave aún permanecen dentro de los valores estandarizados de API.

La relación (W_S/D_R) del ancho del cuadrado de llave W_S al diámetro de varilla R_D aumenta en el diseño de la presente invención por sobre la relación de W_{SAPI}/D_{RAPI} del ancho del cuadrado de llave W_{SAPI} del extremo de varilla API 11B y el diámetro de varilla de la varilla API D_{RAPI} . (Véanse los valores y relaciones en las Tablas I y II donde el nuevo diseño tiene una relación W_S/D_R de por lo menos 1.5 mientras que los diseños API tienen una relación W_{SAPI}/D_{RAPI} entre 1.14-1.3). El aumento del tamaño de la sección cuadrada de llave del extremo de la varilla de bombeo en relación

con ciertos tamaños de varilla (por ejemplo, el aumento del valor W_s/D_R) es conveniente dado que el cuadrado de llave es una parte de la varilla que puede dañarse con facilidad durante el manipuleo (por ejemplo, arme y desarme de una conexión). El daño a la sección cuadrada de llave 127 puede conducir a concentraciones de esfuerzos y grietas que pueden generar fallas por fatiga durante el uso.

La eliminación del talón elevado usando en el diseño del arte previo API 11B tiene el beneficio adicional de reducir el desgaste de la superficie interna de la tubería 3 por la sarta de varillas en movimiento 5. Esto se logra usando el nuevo diseño esparciendo (distribuyendo) los puntos de contacto (abrasión) entre la varilla de bombeo y la tubería. En los diseños de extremos de varilla API 11B el talón elevado es una parte de la varilla que posee el diámetro mayor y usualmente está en contacto con la tubería en un área muy pequeña, generando altas presiones de contacto y daños en los elementos de contacto más blandos (es decir, la tubería) resultando en la falla prematura de la tubería que sufre perforaciones por desgaste.

Además, al eliminarse el talón elevado se elimina un área donde los defectos de forjado aparecen en las varillas API estándar del arte previo que requieren la reconstitución del talón elevado (23) luego de forjar el extremo de las mismas debido a grietas, rebabas e incrustaciones. El talón elevado 23 de una varilla API 11 B está sujeto a una alta deflexión durante el forjado que puede resultar en altos esfuerzos remanentes luego del proceso capaces de producir grietas que constituyen concentraciones de esfuerzos que pueden conducir a una falla por fatiga, siendo en consecuencia deseable eliminar el talón evitando de tal modo estos tipos de defectos en la superficie de la varilla de bombeo.

El incremento del radio de la sección de transición uniforme curva continua 125 de la varilla de la presente invención con respecto a la sección de transición de la varilla de acuerdo a API 11B para cierto diámetro de varilla aumenta la resistencia a la fatiga por corrosión. Este mayor radio se ilustra usando la relación R_A/D_R del radio R_A de una porción curva de la sección de

transición 125 y el diámetro de varilla D_R del nuevo extremo de la varilla de bombeo con respecto a la relación R_{API}/D_{RAPI} para la varilla API (Véanse los valores y relaciones en las Tablas I y II en tanto el nuevo diseño tiene una relación $R_A/D_R > 3$ mientras los diseños de API 11B tienen una relación R_{API}/D_{RAPI} aproximadamente igual a 3). Esta mayor relación (R_A/D_R) provee una transición más uniforme para el flujo de fluido a través del extremo de la varilla de bombeo, y reduce las áreas de turbulencia (áreas de alta fricción). En la varilla API la menor relación (R_{API}/D_{RAPI}) combinada con la corrosión del fluido y el flujo turbulento contribuyen a la iniciación de picaduras y al agrietamiento que pueden resultar en una falla de fatiga por corrosión en el extremo forjado de la sección de transición de la varilla API.

El reemplazo del cambio abrupto de diámetro entre el cuadrado de llave 27 y el resalto 26 en el diseño de varilla API (véase la Figura 2) por una superficie exterior curva continua de la sección de resalto de perno 128 que posee un radio R_{DF} en el nuevo diseño (véase la Figura 6) provee una transición más uniforme para el flujo de fluido y reduce la turbulencia y la caída de presión a través del extremo de la varilla de bombeo.

Dado que no hay talón elevado en el nuevo diseño de extremo de la varilla de bombeo (como en el extremo de la varilla de bombeo API 11 B), la nueva geometría del extremo de la varilla de bombeo tiene valores menores de pérdidas de presión en el fluido de producción 7 que fluye a lo largo de la superficie externa del extremo de la varilla de bombeo para el mismo diámetro de varilla y diámetro de tubería que la varilla API 11 B. (Véase la Tabla III y la Tabla IV adjuntas) Este flujo mejorado del fluido de producción 7 aumenta la productividad de un pozo donde se instalen las varillas del nuevo diseño y reduce la erosión-corrosión de las varillas en el pozo y en consecuencia aumenta la vida útil de las mismas con el nuevo diseño de extremo.

Además, dada la ausencia del talón elevado en el nuevo diseño, las superficies de contacto entre la conexión y la tubería serán el diámetro externo transversal máximo (por ejemplo, un diámetro medido

perpendicular a un eje longitudinal) del acople 27 y los vértices del cuadrado de llave de acuerdo a la desviación del pozo, con respecto al diseño de API 11B donde el talón elevado genera una alta presión de desgaste (a causa de la reducida área de contacto) incrementando así la tasa de desgaste de la tubería y varilla de bombeo. Esta nueva geometría del extremo de la varilla de bombeo concentrará el desgaste en los acoples y en menor medida (comparando contra el diseño API 11B) en los vértices del cuadrado de llave de la varilla de bombeo. En consecuencia, el acople es el elemento más proclive al desgaste debido a la fricción asociada al contacto del acople y la pared de la tubería. Esto resulta en un menor desgaste sobre los otros elementos del extremo de la varilla de bombeo, lo cual en última instancia se traduce en menores costos de mantenimientos para un pozo que cuente con las varillas de bombeo con el nuevo diseño dado que el acople es el elemento menos costoso y el más sencillo de reemplazar en la sarta de varillas.

Datos experimentales

En la Tabla III y Tabla IV a continuación los fluidos A y B representan dos clases de fluidos para pozos que usan varillas de bombeo.

Tabla III: Características de los fluidos de pozo A y B

	Fluido A	Fluido B
Grado API	23	45
Densidad (gr/cm ³)	0.97	0.799
Contenido de parafina	3%	24%
Punto de fluidez	16°C	(- 3°C)

Se ha realizado una simulación de flujo de fluido para evaluar las características de flujo (flujo inverso, turbulencia de flujo, caída de presión, fuerza sobre la varilla de bombeo debido al flujo de fluido, fuerza sobre el tubo debido al flujo de fluido, fricción y presión sobre el empalme) que compara el diseño de Tenaris con el diseño de API.

Tabla IV: Resultados de simulación de flujo en valores absolutos

En esta Tabla IV, Tenaris-A son los resultados de simulación para un extremo de varilla de la presente invención utilizada en el fluido A de la Tabla III y API-A son los resultados de la simulación de varilla de acuerdo a API en el Fluido A de la Tabla III. Tenaris-B y API-B son los resultados de simulación para el Fluido B de la Tabla III.

Caso			1- Tenaris A	2-API A	3- Tenaris B	4- API B
Volumen de flujo inverso						
Caída de presión	Arriba En la unión Abajo	[cm3]	1.14	2.92	1.17	2.94
		[J]x1e3	0.98	0.98	0.81	0.82
		[J]x1e3	1.23	1.89	1.02	1.56
Fuerza sobre la varilla de bombeo debida al flujo de fluido	Arriba En la unión Abajo	[J]x1e3	1.52	1.62	1.26	1.34
		[Pa]	141	141	119	119
		[Pa]	425	531	354	442
Fuerza sobre el tubo debida al flujo de fluido	Arriba En la unión Abajo	[Pa]	124	127	104	107
		[N]	0.0222	0.0223	0.0186	0.0187
		[N]	0.191	0.2482	0.1592	0.2062
Fricción sobre la unión	Arriba En la unión Abajo	[N]	0.0231	0.0234	0.0195	0.0196
		[N]	0.0528	0.053	0.0443	0.0444
		[N]	0.0535	0.0587	0.0448	0.0492
Presión sobre la unión	En la unión En la unión	[N]	0.054	0.0551	0.0452	0.0462
		[N]	0.0277	0.0267	0.0234	0.0224
		[N]	0.1632	0.2215	0.1358	0.1838

En la Tabla V a continuación los resultados son no dimensionales, lo cual indica que se dividen al mismo valor obtenido en una simulación de 1m de cuerpo de varilla (sin conexión).

TABLA V Resultados de la simulación de flujo para un metro de cuerpo de varilla (sin conexión) expresados en valores no dimensionales

En esta Tabla V, Tenaris-A son los resultados de simulación para una varilla de la presente invención utilizada en el fluido A de la Tabla III y API-A son los resultados de simulación para una varilla de acuerdo a API en el Fluido A de la Tabla III. Tenaris-B y API-B son los resultados de simulación para el Fluido B de la Tabla III.

Caso						
Volumen de flujo inverso		1- Tenaris A	2-API A	3- Tenaris B	4- API B	Reduction
Caída de presión	Arriba En la unión Abajo	0.39	1	0.4	1.01	60%
		1	1	0.83	0.83	0%
		1.25	1.93	1.04	1.59	35%
Fuerza sobre la varilla de bombeo debida al flujo de fluido	Arriba En la unión Abajo	1.55	1.65	1.28	1.37	6%
		1	1	0.84	0.84	0%
		3	3.76	2.5	3.12	20%
Fuerza sobre el tubo debida al flujo de fluido	Arriba En la unión Abajo	0.88	0.9	0.74	0.75	2%
		1	1	0.84	0.84	0%
		8.57	11.14	7.15	9.25	23%
Fricción sobre la unión	Arriba En la unión Abajo	1.04	1.05	0.87	0.88	1%
		2.37	2.38	1.99	1.99	0%
		2.4	2.63	2.01	2.21	9%
Presión sobre la unión	En la unión En la unión	2.42	2.47	2.03	2.07	2%
		1.25	1.2	1.05	1.01	-4%
		7.33	9.94	6.09	8.25	26%

Hasta aquí se ha revelado y descripto una realización preferida. Otras implementaciones caen dentro del alcance de las reivindicaciones.

Resumen de la invención

Una varilla de bombeo incluye un cuerpo de la varilla de bombeo (122); una sección de transición (125) que posee una superficie externa dispuesta circunferencialmente sobre el eje longitudinal de la sección de transición, la superficie externa posee un perfil longitudinal que comprende una curva continua que comienza en la superficie externa cilíndrica del cuerpo de la varilla y posee una porción curva cóncava posee un radio (R_A) y una porción curva convexa posee un radio (R_B), en tanto R_B es menor que R_A y el diámetro de la sección de transición medido transversal al eje longitudinal (AA) aumenta continuamente en distancia desde la superficie externa de la varilla; una sección cuadrada de llave (127) posee por lo menos cuatro plano de llaves (124); una sección de resalto de perno (128) que posee una cara de resalto de perno (126) está adaptada para contactar un extremo de un acople (117) la cara de resalto de perno posee un diámetro externo

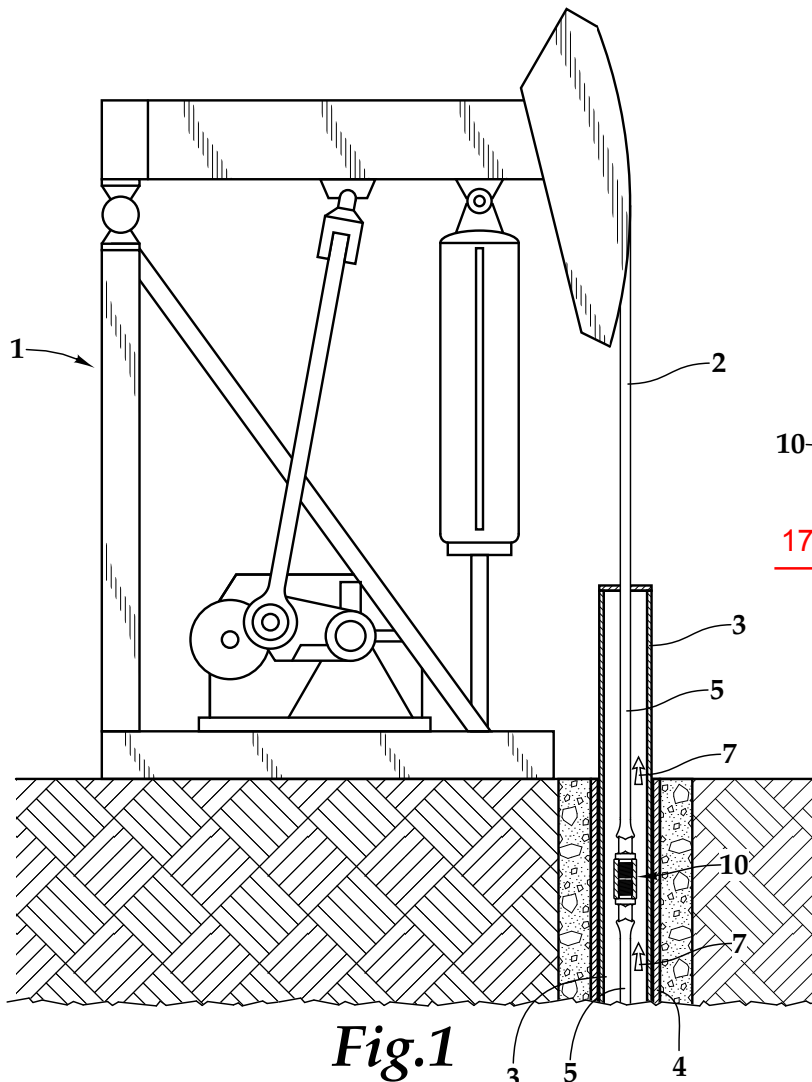


Fig.1
(PRIOR ART)

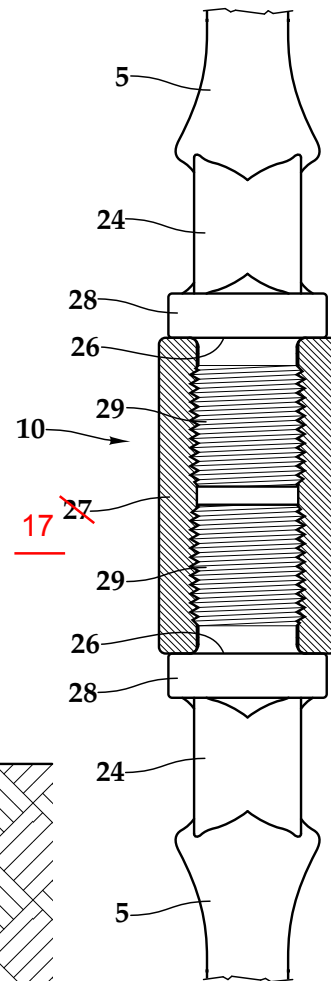


Fig.1A
(PRIOR ART)

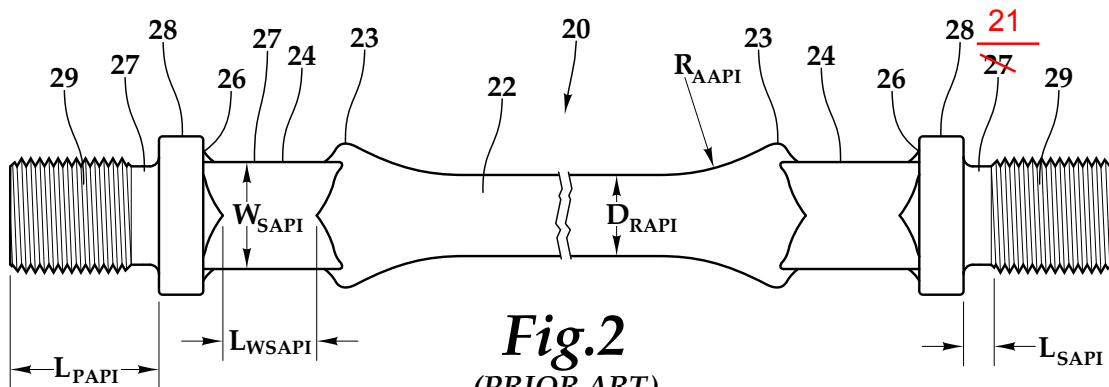
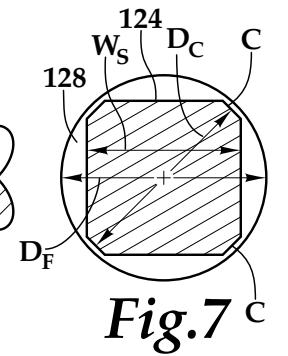
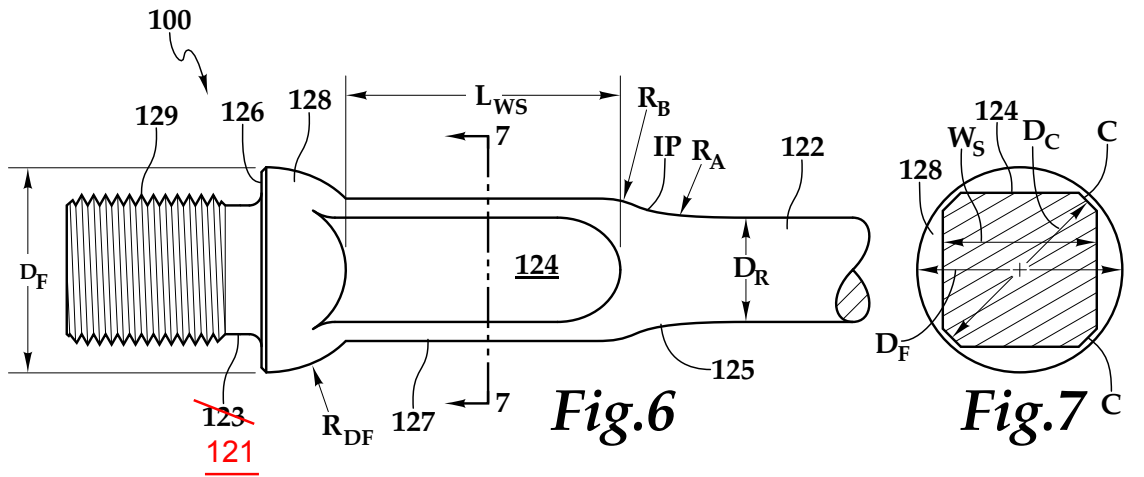
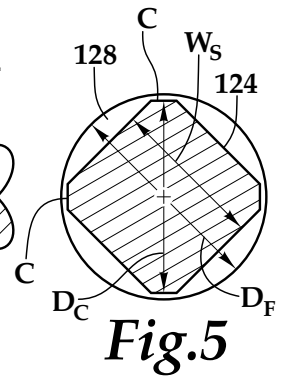
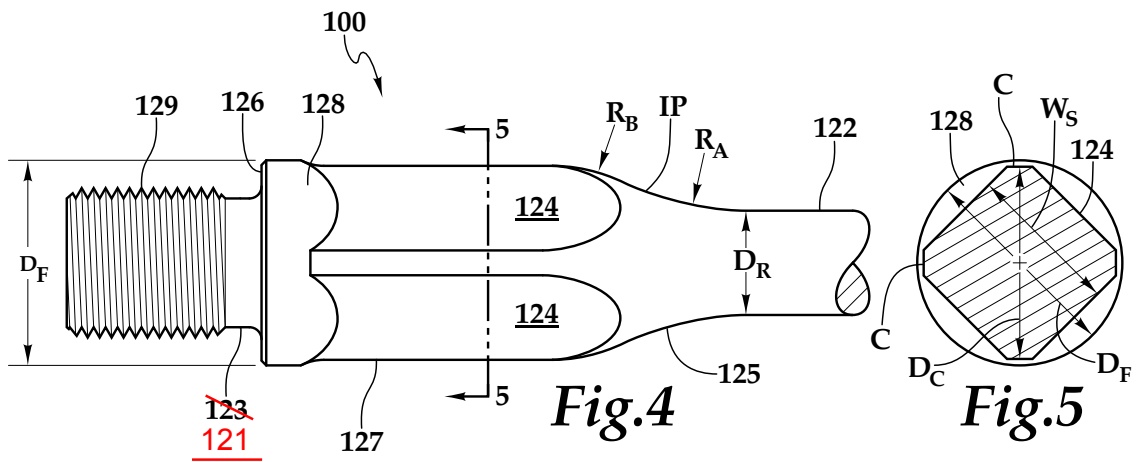
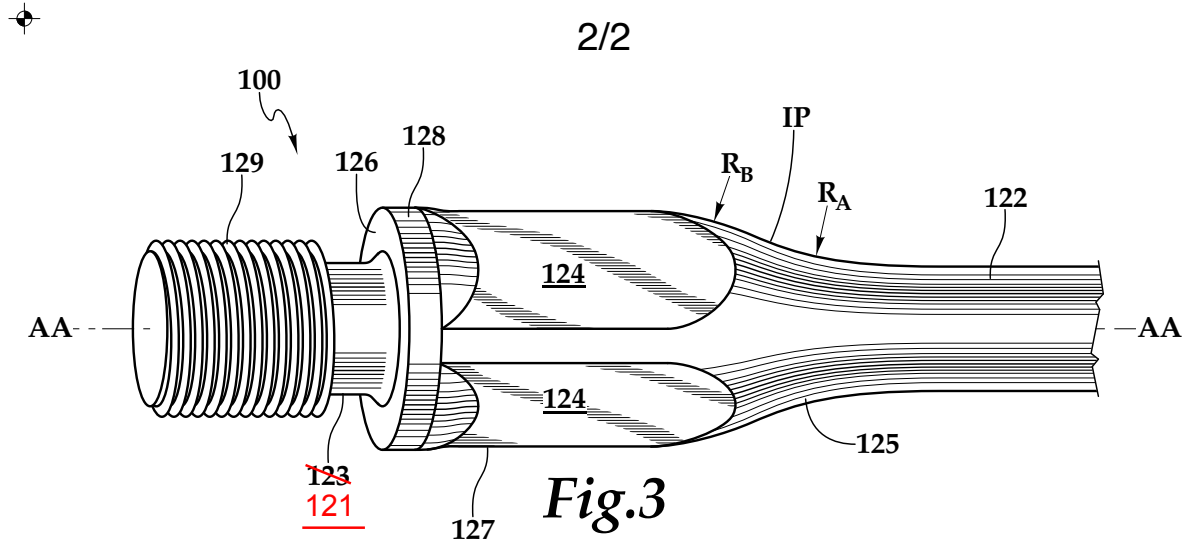


Fig.2
(PRIOR ART)



1/2

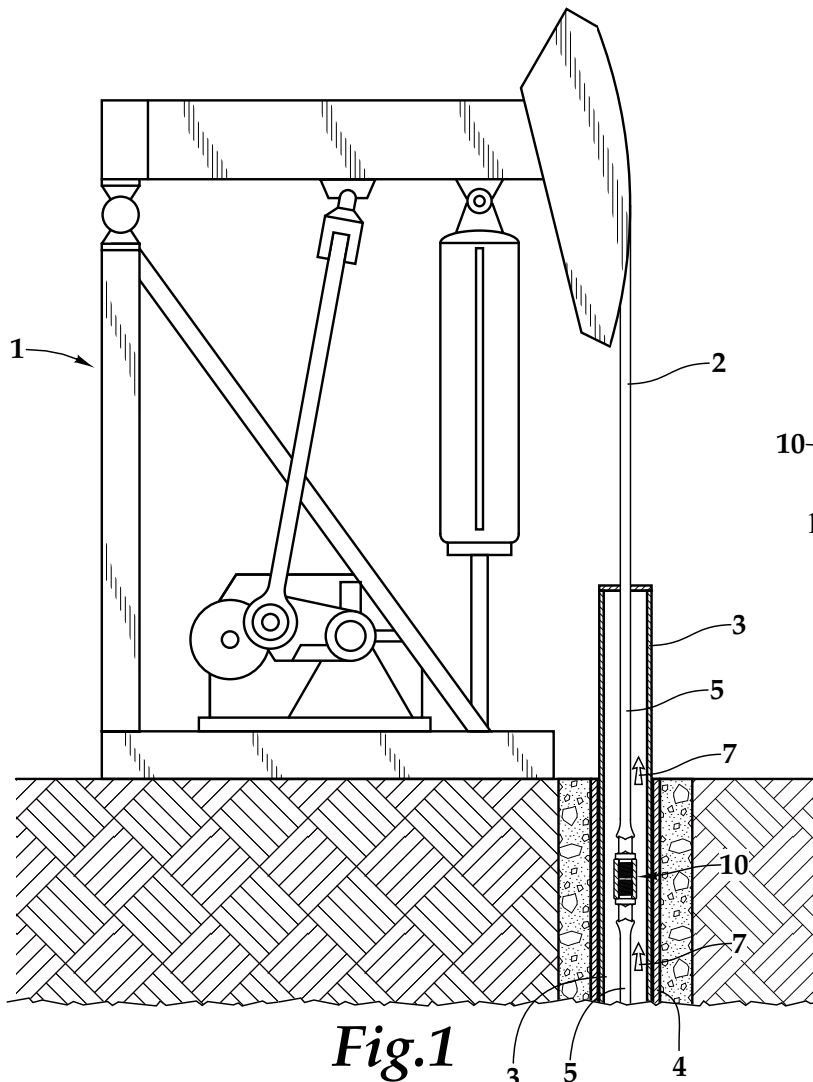


Fig. 1
(PRIOR ART)

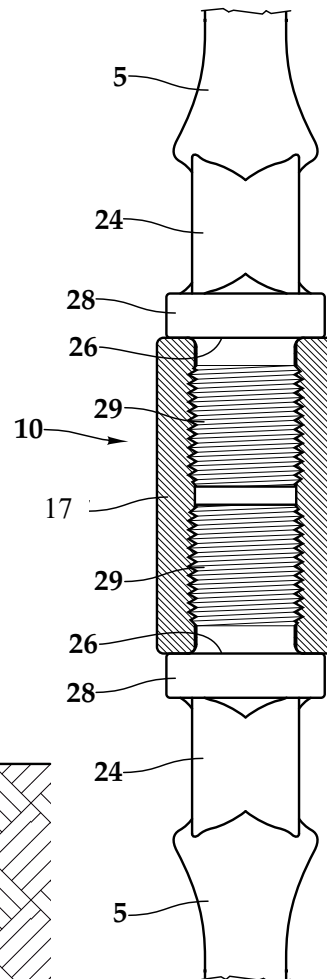


Fig. 1A
(PRIOR ART)

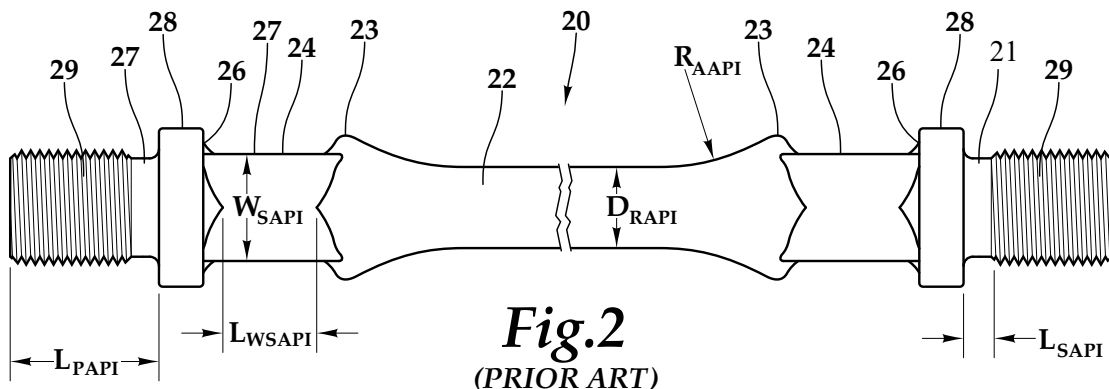
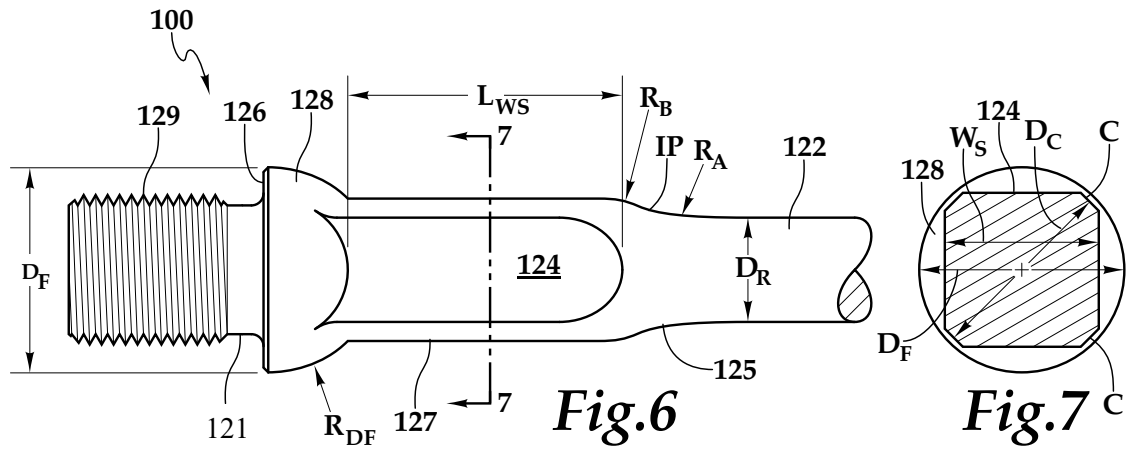
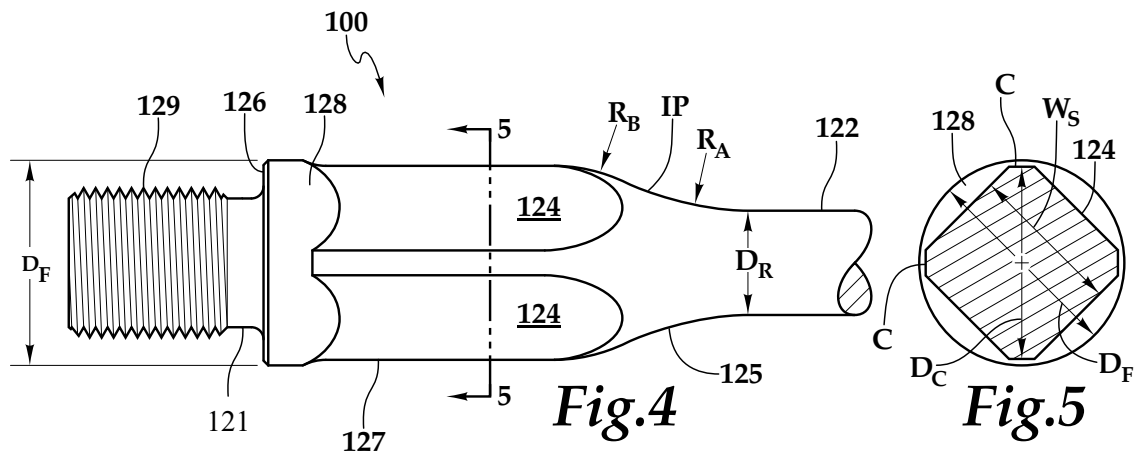
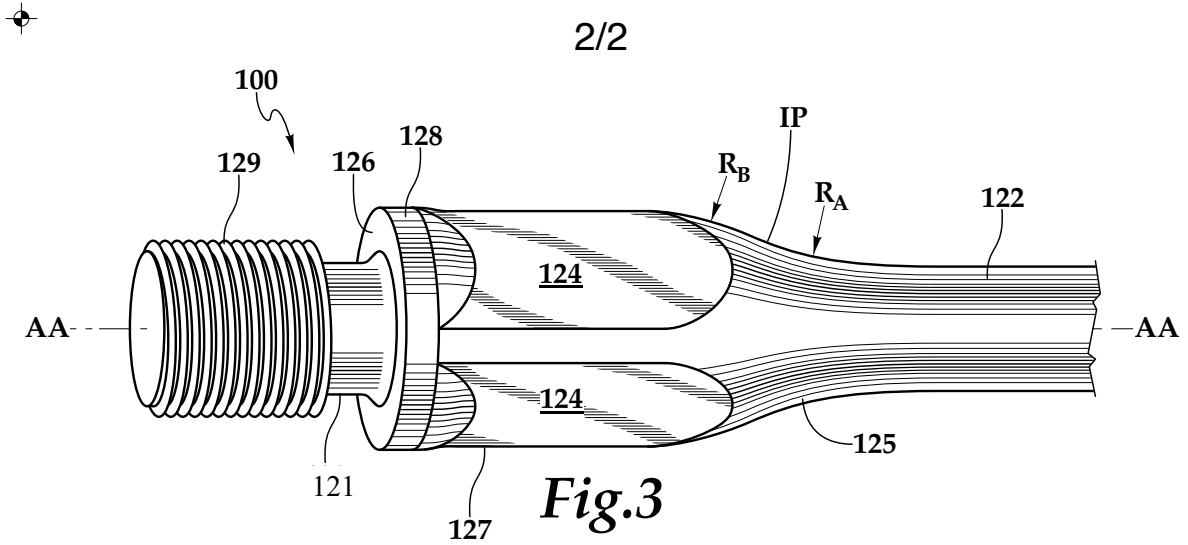


Fig. 2
(PRIOR ART)



REIVINDICACIONES PRESENTADAS COMO MODIFICACIÓN VOLUNTARIA
EXPEDIENTE NO. NC2017/0002125

1. Una varilla de bombeo metálica integral que posee un primer extremo, caracterizada porque dicho primer extremo comprende:

un cuerpo de varilla de bombeo que posee una superficie externa en general cilíndrica, un eje longitudinal y un diámetro de varilla DR;

una sección de transición posee un eje longitudinal, dicha sección de transición posee un extremo distal adyacente a un proximal extremo del cuerpo de la varilla de bombeo con el eje longitudinal de la sección de transición y el eje longitudinal del cuerpo de la varilla de bombeo alineados, dicha sección de transición incluye una superficie externa dispuesta circunferencialmente sobre el eje longitudinal de la sección de transición, dicha superficie externa posee un perfil longitudinal que comprende una curva continua que comienza sobre la superficie externa cilíndrica del cuerpo de la varilla de bombeo y posee una porción curva cóncava tangente a la superficie externa cilíndrica de la varilla de bombeo, dicha sección de transición posee un radio (R_A) y una porción curva convexa posee un radio (R_B) en tanto R_B es menor que R_A y el diámetro de la sección de transición medido transversal al eje longitudinal aumenta continuamente en distancia desde la superficie externa cilíndrica del cuerpo de la varilla de bombeo;

una sección cuadrada de llave posee un extremo distal adyacente a un extremo proximal de la sección de transición, dicha sección cuadrada de llave posee un eje longitudinal alineado con el eje longitudinal del cuerpo de la varilla de bombeo, dicha sección cuadrada de llave comprende por lo menos cuatro planos de llave ortogonales entre si;

una sección de resalto de perno posee un extremo distal adyacente a un extremo proximal de la sección cuadrada de llave, dicha sección de resalto de perno posee un eje longitudinal alineado con el eje longitudinal del cuerpo de la varilla, y posee una cara de resalto de perno dispuesta sobre un extremo proximal de la

sección de resalto de perno, dicha cara de resalto de perno está adaptada para contactar un extremo de un acople, dicha cara de resalto de perno posee un diámetro externo (D_F) y

una sección de conexión de perno roscada posee un eje longitudinal alineado con el eje longitudinal del cuerpo de la varilla, dicha sección de conexión de perno roscada posee un extremo distal adyacente a un extremo proximal de la sección de resalto de perno, dicha sección de conexión de perno roscada incluye filetes dispuestos sobre una porción de una superficie externa circunferencial de la sección de conexión de perno roscada, dichos filetes están configurados para coincidir con los filetes dentro del acople.

2. La varilla de bombeo de la Reivindicación 1, caracterizada porque los planos de llave adyacentes se reúnen en un vértice biselado que comprende una superficie plana, cada sección cuadrada de llave posee un ancho en sección transversal (W_S) medido transversal a un eje (AA) del cuerpo de la varilla de bombeo y es una distancia transversal a través del cuerpo de la varilla de bombeo entre dos planos de llave paralelos.

3. La varilla de bombeo de la Reivindicación 2 que posee un segundo extremo, caracterizada porque dicho segundo extremo además comprende:

una segunda sección de transición posee un eje longitudinal, dicha sección de transición posee un extremo distal adyacente a un extremo proximal del cuerpo de la varilla de bombeo con el eje longitudinal de la sección de transición y el eje longitudinal del cuerpo de la varilla de bombeo alineados, dicha sección de transición incluye una superficie externa dispuesta circunferencialmente sobre el eje longitudinal de la sección de transición, dicha superficie externa posee un perfil longitudinal que comprende una curva continua que comienza en la superficie externa cilíndrica del cuerpo de la varilla de bombeo y posee una porción curva cóncava posee un radio (R_A) y una porción curva convexa posee un radio (R_B) en

tanto R_B es menor que R_A y el diámetro de la sección de transición medido transversal al eje longitudinal aumenta continuamente en distancia desde la superficie externa cilíndrica del cuerpo de la varilla de bombeo;

una segunda sección cuadrada de llave posee un extremo distal adyacente a un extremo proximal de la sección de transición, dicha sección cuadrada de llave posee un eje longitudinal alineado con el eje longitudinal del cuerpo de la varilla, dicha sección cuadrada de llave comprende por lo menos cuatro planos de llave ortogonales entre si;

una segunda sección de resalto de perno posee un extremo distal adyacente a un extremo proximal de la sección cuadrada de llave, dicha sección de resalto de perno posee un eje longitudinal alineado con el eje longitudinal del cuerpo de la varilla, y posee una cara de resalto de perno dispuesta sobre un extremo proximal de la sección de resalto de perno, dicha cara de resalto de perno está adaptada para contactar un extremo de un acople, dicha cara de resalto de perno posee un diámetro externo (D_F) y

una segunda sección de conexión de perno roscada posee un eje longitudinal alineado con el eje longitudinal del cuerpo de la varilla, dicha sección de conexión de perno roscada posee un extremo distal adyacente a un extremo proximal de la sección de resalto de perno, dicha sección de conexión de perno roscada incluye filetes dispuestos sobre una porción de una superficie externa circunferencial de la sección de conexión de perno roscada, dichos filetes están configurados para coincidir con los filetes dentro de un segundo acople.

4. La varilla de bombeo de la Reivindicación 3, caracterizada porque los planos de llave adyacentes del segundo extremo se reúnen en un vértice biselado que comprende una superficie plana, cada sección cuadrada de llave posee un ancho en sección transversal (W_S) medido transversal a un eje (AA) del cuerpo de la varilla de bombeo y es una distancia transversal a través del cuerpo de la varilla de bombeo entre dos planos de llave paralelos.

5. La varilla de bombeo de la Reivindicación 1 caracterizada porque la sección de resalto de perno incluye una superficie externa convexa circunferencial que transita desde la sección cuadrada de llave y la cara de resalto de perno en tanto la sección de resalto de perno posee un diámetro medido transversal al eje longitudinal que aumenta continuamente en distancia desde la sección cuadrada de llave a lo largo del eje longitudinal de la sección de resalto de perno.

6. La varilla de bombeo de la Reivindicación 1 caracterizada porque un canal de alivio de esfuerzo se dispone entre la cara de resalto de perno y los filetes de la sección de conexión de perno roscada.

7. La varilla de bombeo de la Reivindicación 2 caracterizada porque la relación W_S/D_R es de por lo menos 1.5.

8. La varilla de bombeo de la Reivindicación 1 caracterizada porque la relación R_A/D_R es de por lo menos 3.3.

9. La varilla de bombeo de la Reivindicación 1 caracterizada porque el diámetro transversal máximo de un acople no integral dispuesto sobre la sección de conexión de perno roscada es mayor que un diámetro externo transversal máximo del cuerpo de la varilla de bombeo, la sección de transición, la sección de conexión de perno roscada y la sección de resalto de perno.

10. La varilla de bombeo de la Reivindicación 3 caracterizada porque la relación W_S/D_R es de por lo menos 1.5.

11. La varilla de bombeo de la Reivindicación 3 caracterizada porque la relación R_A/D_R es de por lo menos 3.3.

12. La varilla de bombeo de la Reivindicación 2 caracterizada porque el diámetro transversal máximo de un acople no integral dispuesto sobre la sección de conexión de perno roscada es mayor que un diámetro externo transversal máximo del cuerpo de la varilla de bombeo, la sección de transición, la sección de conexión de perno roscada y la sección de resalto de perno.

13. La varilla de bombeo de la Reivindicación 3 caracterizada porque el diámetro transversal máximo de un acople no integral dispuesto sobre la sección de conexión de perno roscada es mayor que un diámetro externo transversal máximo del cuerpo de la varilla de bombeo, la sección de transición, la sección de conexión de perno roscada y la sección de resalto de perno.

14. El extremo de varilla de bombeo de la Reivindicación 2 caracterizado porque el vértice biselado comprende una superficie sustancialmente plana circunscripta en un Diámetro D_C inferior al diámetro D_F .

15. El extremo de varilla de bombeo de la Reivindicación 4 caracterizado porque el vértice biselado comprende una superficie sustancialmente plana circunscripta en un Diámetro D_C inferior al diámetro D_F .

16. Un método de acople de varillas de bombeo metálicas integrales caracterizado porque comprende:

proveer una primera varilla de bombeo integral que incluye:

un cuerpo de varilla de bombeo que posee una superficie externa en general cilíndrica, un eje longitudinal y un diámetro de varilla (D_R);

una sección de transición posee un eje longitudinal, dicha sección de transición posee un extremo distal adyacente a un extremo proximal del cuerpo de la varilla de bombeo con el eje longitudinal de la sección de transición y el eje longitudinal del cuerpo de la varilla de bombeo alineados, dicha sección de transición incluye una superficie externa dispuesta circunferencialmente sobre el eje longitudinal de la sección de transición, dicha superficie externa posee un perfil longitudinal que comprende una curva continua que comienza sobre la superficie externa cilíndrica del cuerpo de la varilla de bombeo y posee una porción curva cóncava tangente a la superficie externa cilíndrica de la varilla de bombeo, dicha sección de transición posee un radio (R_A) y una porción curva convexa posee un radio (R_B), en tanto R_B es menor que R_A y el diámetro de la sección de transición medido transversal al eje longitudinal aumenta continuamente en distancia desde la superficie externa cilíndrica del cuerpo de la varilla de bombeo;

una sección cuadrada de llave posee un extremo distal adyacente a un extremo proximal de la sección de transición, dicha sección cuadrada de llave posee un eje longitudinal alineado con el eje longitudinal del cuerpo de la varilla, dicha sección cuadrada de llave comprende por lo menos cuatro planos de llave ortogonales entre si;

una sección de resalto de perno posee un extremo distal adyacente a un extremo proximal de la sección cuadrada de llave, dicha sección de resalto de perno posee un eje longitudinal alineado con el eje longitudinal del cuerpo de la varilla, y posee una cara de resalto de perno dispuesta sobre un extremo proximal de la sección de resalto de perno, dicha cara de resalto de perno posee un diámetro externo D_F , en tanto la sección de resalto de perno incluye una superficie externa circunferencial que transita desde la sección cuadrada de llave y la cara de resalto de perno en tanto la sección de resalto de perno posee un diámetro medido transversal al eje longitudinal que

aumenta continuamente en distancia desde la sección cuadrada de llave a lo largo del eje longitudinal de la sección de resalto de perno;

una sección de conexión de perno roscada posee un eje longitudinal alineado con el eje longitudinal del cuerpo de la varilla, dicha sección de conexión de perno roscada posee un extremo distal adyacente a un extremo proximal de la sección de resalto de perno, dicha sección de conexión de perno roscada incluye filetes macho dispuestos sobre una porción de una superficie externa circunferencial de la sección de conexión de perno roscada; y

proveer una segunda varilla de bombeo metálica integral que incluye:

un cuerpo de la varilla de bombeo que posee una superficie externa en general cilíndrica, un eje longitudinal y un diámetro de varilla (D_R);

una sección de transición posee un eje longitudinal, dicha sección de transición posee un extremo distal adyacente a un extremo proximal del cuerpo de la varilla de bombeo con el eje longitudinal de la sección de transición y el eje longitudinal del cuerpo de la varilla de bombeo alineados, dicha sección de transición incluye una superficie externa dispuesta circunferencialmente sobre el eje longitudinal de la sección de transición, dicha superficie externa posee un perfil longitudinal que comprende una curva continua que comienza sobre la superficie externa cilíndrica del cuerpo de la varilla de bombeo y posee una porción curva cóncava_tangente a la superficie externa cilíndrica de la varilla de bombeo, dicha sección de transición posee un radio (R_A) y una porción curva convexa posee un radio (R_B) en tanto R_B es menor que R_A y el diámetro de la sección de transición medido transversal al eje longitudinal aumenta continuamente en distancia desde la superficie externa cilíndrica del cuerpo de la varilla de bombeo;

una sección cuadrada de llave posee un extremo distal adyacente a un extremo proximal de la sección de transición, dicha sección cuadrada de llave posee un eje longitudinal alineado con el eje longitudinal del cuerpo de

la varilla, dicha sección cuadrada de llave comprende por lo menos cuatro planos de llave ortogonales entre si;

una sección de resalto de perno posee un extremo distal adyacente a un extremo proximal de la sección cuadrada de llave, dicha sección de resalto de perno posee un eje longitudinal alineado con el eje longitudinal del cuerpo de la varilla, y posee una cara de resalto de perno dispuesta sobre un extremo proximal de la sección de resalto de perno, dicha cara de resalto de perno posee un diámetro externo D_F , en tanto la sección de resalto de perno incluye una superficie externa circunferencial que transita desde la sección cuadrada de llave y la cara de resalto de perno en tanto la sección de resalto de perno posee un diámetro medido transversal al eje longitudinal que aumenta continuamente en distancia desde la sección cuadrada de llave a lo largo del eje longitudinal de la sección de resalto de perno;

una sección de conexión de perno roscada posee un eje longitudinal alineado con el eje longitudinal del cuerpo de la varilla, dicha sección de conexión de perno roscada posee un extremo distal adyacente a un extremo proximal de la sección de resalto de perno, dicha sección de conexión de perno roscada incluye filetes dispuestos sobre una porción próxima de una superficie externa circunferencial de la sección de conexión de perno roscada; en tanto la sección de resalto de perno incluye una superficie externa circunferencial que transita desde la sección cuadrada de llave y la cara de resalto de perno; y

proveer un acople no integral que posee una porción proximal que posee filetes hembra y una cara proximal y una porción distal que posee filetes hembra y una cara distal;

insertar un extremo proximal de la conexión de perno roscada de la primer varilla de bombeo en la porción proximal de un acople; y

rotar la varilla de bombeo o el acople hasta que la cara de resalto de perno de la primer varilla de bombeo se pone en contacto con la cara proximal del acople; e

insertar un extremo proximal de la conexión de perno roscada de la segunda varilla de bombeo en la porción distal de un acople; y

rotar la segunda varilla de bombeo o el acople hasta que la cara de resalto de perno de la segunda varilla de bombeo se pone en contacto con la cara proximal del acople.

17. El método de la Reivindicación 16, caracterizado porque los planos de llave adyacentes de la primera varilla de bombeo son ortogonales entre si y se reúnen en un vértice biselado que comprende una superficie plana, cada sección cuadrada de llave posee un ancho en sección transversal (W_s) medido transversal a un eje (AA) del cuerpo de la varilla y es la distancia transversal a través del cuerpo de varilla entre dos planos de llave paralelos, en tanto la relación W_s/D_R es de por lo menos 1.5; en tanto los planos de llave adyacentes de la segunda varilla de bombeo son ortogonales entre si y se reúnen en un vértice biselado que comprende una superficie plana, cada plano de llave tiene un ancho (W_s) medido transversal a un eje (AA) del cuerpo de la varilla y es la distancia transversal a través del cuerpo de varilla entre las caras de llave paralelas, en tanto la relación W_s/D_R es de por lo menos 1.5.

18. La varilla de bombeo de la Reivindicación 7 caracterizada porque el W_s de una varilla con un D_R de 7/8 de pulgada es igual a un W_{SAPI} de una varilla de acuerdo a la norma API 11 B con un D_{RAPI} de 1 pulgada.