

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 793 020**

51 Int. Cl.:

**B23K 1/00** (2006.01)

**G09B 19/00** (2006.01)

**G09B 19/24** (2006.01)

**G09B 25/00** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **28.09.2015 PCT/IB2015/001711**

87 Fecha y número de publicación internacional: **31.03.2016 WO16046623**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **28.09.2015 E 15787667 (3)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **08.04.2020 EP 3197625**

54 Título: **Sistema para calificar las operaciones de soldadura manuales en tuberías y otras estructuras curvas**

30 Prioridad:

**26.09.2014 US 201462055724 P**  
**17.08.2015 US 201514827657**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:  
**12.11.2020**

73 Titular/es:

**LINCOLN GLOBAL, INC. (100.0%)**  
**9160 Norwalk Boulevard**  
**Santa Fe Springs, CA 90670, US**

72 Inventor/es:

**CONRARDY, CHRISTOPHER, C.;**  
**BOULWARE, PAUL, C.;**  
**CLARK, DOUGLAS, A. y**  
**GREEN, JEREMY, MICHAEL**

74 Agente/Representante:

**LEHMANN NOVO, María Isabel**

ES 2 793 020 T3

Aviso: En el plazo de nueve meses a contar desde la fecha de publicación en el Boletín Europeo de Patentes, de la mención de concesión de la patente europea, cualquier persona podrá oponerse ante la Oficina Europea de Patentes a la patente concedida. La oposición deberá formularse por escrito y estar motivada; sólo se considerará como formulada una vez que se haya realizado el pago de la tasa de oposición (art. 99.1 del Convenio sobre Concesión de Patentes Europeas).

## DESCRIPCIÓN

Sistema para calificar las operaciones de soldadura manuales en tuberías y otras estructuras curvas

### Campo

La invención se refiere a un sistema para calificar las operaciones de soldadura de acuerdo con el preámbulo de la reivindicación 1 y un método correspondiente.

- 5 Por lo tanto, los conceptos inventivos generales se refieren, entre otras cosas, a métodos, aparatos, sistemas, programas y técnicas para controlar a distancia el funcionamiento de un dispositivo de soldadura.

### Antecedentes

El documento US 2012/0298640 A1 describe un sistema para calificar operaciones de soldadura de acuerdo con el preámbulo de la reivindicación 1. El documento US 2011/117527 A1 describe un sistema para entrenar soldadores con un dispositivo de formación de imágenes colocado en el sustrato.

- 10 La invención descrita se refiere en general a un sistema para calificar las operaciones de soldadura manuales y, más específicamente, a un sistema para proporcionar información útil a un aprendiz de soldadura mediante la captura, el procesamiento y la presentación en un formato visible de los datos generados por el aprendiz de soldadura al ejecutar manualmente una soldadura real en tiempo real.

- 15 El deseo de la industria manufacturera de una formación de soldadores eficiente y económica ha sido un tema bien documentado durante la última década, ya que la constatación de una grave escasez de soldadores cualificados se está haciendo alarmantemente evidente en las fábricas, astilleros y obras de construcción actuales. Una rápida jubilación de la mano de obra, combinada con la lentitud de la formación de soldadores tradicional basada en la instrucción con profesor, ha sido el impulso para el desarrollo de tecnologías de formación más eficaces. Las innovaciones que permiten la formación acelerada de las habilidades de destreza manual específicas para soldar, junto con el rápido adoctrinamiento de los fundamentos de soldadura por arco se están convirtiendo en una necesidad. El sistema de calificación y formación descrito en la presente memoria aborda esta necesidad vital de mejorar la formación de soldadores y permite la supervisión de los procesos de soldadura manual para garantizar que los procesos estén dentro de los límites permisibles necesarios para cumplir los requisitos de calidad de toda la industria. Hasta la fecha, la mayoría de los procesos de soldadura se realizan manualmente, pero el campo carece de herramientas prácticas disponibles comercialmente para hacer el seguimiento del rendimiento de estos procesos manuales. Por lo tanto, existe una necesidad permanente de un sistema eficaz para entrenar soldadores para que ejecuten adecuadamente diversos tipos de soldaduras bajo diversas condiciones.

### Resumen

- Lo siguiente proporciona un resumen de determinadas formas de realización de ejemplo de la presente invención. Este resumen no es una visión general extensa y no tiene por objeto identificar aspectos o elementos clave o críticos de la presente invención ni delinear su alcance.

De acuerdo con un aspecto de la presente invención, se proporciona un sistema para calificar las operaciones y ejercicios de soldadura manuales y/o semiautomáticos de acuerdo con la reivindicación 1.

De acuerdo con otro aspecto de la presente invención, también se proporciona un método de acuerdo con la reivindicación 13.

- 35 Las características y aspectos adicionales de la presente invención se harán evidentes para los expertos en la técnica después de leer y comprender la siguiente descripción detallada de las formas de realización de ejemplo. Como el experto en la técnica apreciará, son posibles formas de realización adicionales de la invención sin apartarse del alcance de la invención. Por consiguiente, los dibujos y las descripciones asociadas se deben considerar como ilustrativas y no restrictivas por naturaleza.

### Breve descripción de los dibujos

- 40 Los dibujos adjuntos, que se incorporan y forman una parte de la memoria descriptiva, ilustran de forma esquemática una o más formas de realización de ejemplo de la invención y, junto con la descripción general dada anteriormente y la descripción detallada dada a continuación, sirven para explicar los principios de la invención, y en donde:

La FIG. 1 es un diagrama de flujo que ilustra el flujo de información a través del componente de procesamiento y visualización de datos de una forma de realización de ejemplo de la presente invención.

- 45 La FIG. 2 proporciona una vista isométrica de un sistema portátil o semiportátil para calificar las operaciones de soldadura manuales, de acuerdo con una forma de realización de ejemplo de la presente invención.

La FIG. 3 proporciona una vista isométrica del ensamblaje plano del sistema de la FIG. 2.

La FIG. 4 proporciona una vista isométrica del ensamblaje horizontal del sistema de la FIG. 2.

La FIG. 5 proporciona una vista isométrica del ensamblaje vertical del sistema de la FIG. 2.

La FIG. 6 ilustra la colocación de dos marcadores de puntos en el ensamblaje plano de FIG. 2.

La FIG. 7 ilustra una trayectoria de operación de la pieza de trabajo de ejemplo.

5 La FIG. 8 ilustra la colocación de dos marcadores de puntos activos o pasivos en una pieza de trabajo de ejemplo para determinar una trayectoria de operación de la pieza de trabajo.

La FIG. 9 es un diagrama de flujo que detalla las etapas del proceso involucradas en una forma de realización de ejemplo de un primer componente de calibración de la presente invención.

La FIG. 10 ilustra la herramienta de soldadura de una forma de realización de ejemplo de esta invención, que muestra la colocación de los marcadores de puntos utilizados para definir el cuerpo rígido.

10 La FIG. 11 ilustra la herramienta de soldadura de una forma de realización de ejemplo de esta invención, que muestra la colocación de los marcadores de puntos utilizados para definir el vector y el cuerpo rígido de la herramienta.

La FIG. 11A ilustra la herramienta de soldadura de la FIG. 10, junto con un dispositivo de calibración de la herramienta de ejemplo para interconectarse con la misma.

15 La FIG. 12 es un diagrama de flujo que detalla las etapas del proceso involucradas en una forma de realización de ejemplo de un segundo componente de calibración de la presente invención.

La FIG. 13 proporciona una vista isométrica de un sistema portátil o semiportátil para calificar las operaciones de soldadura manuales, de acuerdo con una forma de realización de ejemplo de la presente invención.

#### Descripción detallada

20 Ahora, se describen las formas de realización de ejemplo de la presente invención con referencia a las Figuras. Los números de referencia se utilizan a lo largo de la descripción detallada para referirse a los diversos elementos y estructuras. En otros casos, las estructuras y dispositivos bien conocidos se muestran en forma de diagrama de bloques con el fin de simplificar la descripción. Aunque la siguiente descripción detallada contiene muchos detalles con fines de ilustración, un experto en la técnica apreciará que muchas variaciones y alteraciones a los siguientes detalles están dentro del alcance de la invención. Por consiguiente, se describen las siguientes formas de realización de la invención sin ninguna pérdida de generalidad de la invención reivindicada y sin imponerle limitaciones.

25 La presente invención se refiere a un sistema avanzado para observar y calificar los ejercicios y operaciones de soldadura manuales. Este sistema es particularmente útil para la instrucción en soldadura y la formación de soldadores, que proporciona una herramienta asequible para la evaluación de la técnica de soldadura manual y la comparación de esa técnica con los procedimientos establecidos. Las aplicaciones de formación de esta invención incluyen i) examinar los niveles de aptitud de los solicitantes; ii) evaluar el progreso de los aprendices a lo largo del tiempo; iii) proporcionar entrenamiento en tiempo real para reducir el tiempo y los costes de formación; y iv) volver a examinar periódicamente los niveles de aptitud de los soldadores con resultados cuantificables. El procesamiento de las solicitudes de supervisión y control de calidad incluye i) la identificación de las desviaciones de las condiciones preferidas en tiempo real; (ii) la documentación y el seguimiento del cumplimiento de los procedimientos a lo largo del tiempo; iii) la captura de datos en el proceso para fines de control estadístico del proceso (por ejemplo, mediciones del aporte de calor); y iv) la identificación de los soldadores que necesitan formación adicional. El sistema de la presente invención proporciona el beneficio singular de permitir la determinación del cumplimiento de diversos procedimientos de soldadura aceptados.

40 La presente invención, en diversas formas de realización de ejemplo, mide el movimiento del soplete y recopila datos del proceso durante los ejercicios de soldadura utilizando un sistema de seguimiento de una o varias cámaras en función del análisis de imágenes de nubes de puntos. Esta invención se puede aplicar a una amplia gama de procesos que incluyen, pero no necesariamente se limitan a, GMAW, FCAW, SMAW, GTAW y corte. La invención se puede ampliar a una gama de configuraciones de piezas de trabajo, incluyendo grandes tamaños, diversos tipos de uniones, tubos, placas y formas y montajes complejos. Los parámetros medidos pueden incluir, pero no se limitan a, el ángulo de trabajo, el ángulo de desplazamiento, la distancia de separación de la herramienta, la velocidad de desplazamiento, 45 la colocación del cordón, el tejido, el voltaje, la corriente, la velocidad de alimentación del hilo, la longitud del arco, el aporte de calor, el flujo de gas (medido), la distancia de la punta de contacto a la pieza (CTWD) y la velocidad de deposición (por ejemplo, libras/hora, pulgadas/carrera). El componente de formación de la presente invención se puede preprogramar con procedimientos de soldadura específicos o se puede personalizar por un instructor. Los datos se guardan y se registran automáticamente, un análisis posterior a la soldadura puntúa el rendimiento, y se hace un seguimiento del progreso a lo largo del tiempo. Este sistema se puede utilizar a lo largo de la totalidad de un programa de formación en soldadura. El sistema se puede utilizar para proporcionar cualquier tipo de retroalimentación (normalmente en tiempo real) incluyendo, pero no limitado a, una o más de retroalimentación visual en el casco, retroalimentación visual en una pantalla, retroalimentación de audio (por ejemplo, entrenamiento) y retroalimentación visual, de audio o táctil de la herramienta de soldadura (por ejemplo, el soplete). Con referencia ahora a las Figuras, 55 se describirán con mayor detalle una o más formas de realización específicas de esta invención.

Según se muestra en la FIG. 1, en una forma de realización de ejemplo de la presente invención, el flujo básico de información a través de los datos que generan el componente 100, el componente de captura de datos 200, y el componente de procesamiento (y visualización) de datos 300 del sistema de calificación de soldaduras 10 ocurre en seis etapas básicas: (1) captura de imágenes 110; (2) procesamiento de imágenes 112; (3) entrada de datos de la soldadura por arco 210, tales como parámetros de soldadura conocidos o preferidos; (4) procesamiento de datos 212; (5) almacenamiento de datos 214; y (5) visualización de datos 310. La etapa de captura de imágenes 110 incluye capturar imágenes de un objetivo 98 (que normalmente incluye por lo menos dos marcadores de puntos situados con una relación geométrica fija entre sí) con una o más cámaras de visión de alta velocidad disponibles en el mercado, donde el aspecto de salida normalmente incluye crear un archivo de imagen con muchos (por ejemplo, más de 100) fotogramas por segundo. El aspecto de entrada de la etapa de procesamiento de imágenes 112 incluye el análisis de nubes de puntos fotograma a fotograma de un cuerpo rígido que incluye tres o más marcadores de puntos (es decir, el objeto calibrado). Después del reconocimiento de un cuerpo rígido conocido, se calculan la posición y la orientación con respecto al origen de la cámara y la orientación del cuerpo rígido "entrenada". La captura y comparación de las imágenes de dos o más cámaras facilita una determinación considerablemente precisa de la posición y orientación del cuerpo rígido en el espacio tridimensional. Las imágenes se procesan normalmente con una velocidad de más de 100 veces por segundo. Un experto en la técnica apreciará que se podría utilizar una velocidad de muestreo menor (por ejemplo, 10 imágenes/segundo.) o una velocidad de muestreo mayor (por ejemplo, 1.000 imágenes/segundo.). El aspecto de salida de la etapa de procesamiento de imágenes 112 incluye la creación de una matriz de datos que incluya datos de posición del eje x, el eje y y el eje z y datos de orientación de balanceo, inclinación y guiñada, así como marcas de tiempo y banderas de software. El archivo de texto (que incluye los datos 6D mencionados anteriormente) se puede transmitir o enviar con una frecuencia deseada. El aspecto de entrada de la etapa de procesamiento de datos 212 incluye datos brutos de posición y orientación que normalmente se solicitan con una velocidad predeterminada, mientras que el aspecto de salida incluye la transformación de estos datos brutos en parámetros de soldadura útiles con algoritmos específicos para un proceso y un tipo de unión seleccionados. El aspecto de entrada de la etapa de almacenamiento de datos 214 incluye el almacenamiento de datos de ensayo de soldadura (por ejemplo, tal como un archivo \*. dat), mientras que el aspecto de salida incluye el salvado de los datos para su revisión y seguimiento, el salvado de los datos para su revisión en un monitor en un momento posterior y/o la revisión del progreso del estudiante en un momento posterior. El progreso del estudiante puede incluir, pero no se limita a, el tiempo total de práctica, el tiempo total de arco, los inicios totales de arco y el rendimiento individual de parámetros específicos a lo largo del tiempo. El aspecto de entrada de la etapa de visualización de datos 310 incluye datos de ensayo de soldadura que pueden incluir además, pero no se limita a, el ángulo de trabajo, el ángulo de desplazamiento, la distancia de separación de la herramienta, la velocidad de desplazamiento, la colocación del cordón, el tejido, el voltaje, la corriente, la velocidad de alimentación de hilo, la longitud del arco, el aporte de calor, el flujo de gas (medido), la distancia de la punta de contacto a la pieza (CTWD) y la velocidad de deposición. El aspecto de salida implica cualquier tipo de retroalimentación, incluyendo, pero no limitada a, uno o más de los datos visuales que se pueden ver en un monitor, en la pantalla del casco, en la pantalla de avisos o en combinaciones de las mismas; datos de audio (por ejemplo, entrenamiento de audio); y retroalimentación táctil. La retroalimentación se presenta normalmente en tiempo real. Los parámetros rastreados se trazan en un eje de tiempo y se comparan con los umbrales superior e inferior o con las variaciones preferidas, tales como los que se entrenan mediante la grabación de los movimientos de un soldador experto. Un experto en la técnica apreciará que los conceptos inventivos generales contemplen el trazado de los parámetros sobre un eje que no sea función del tiempo, tal como trazar o procesar de otra manera los parámetros en función de una longitud de la soldadura. La corriente y el voltaje se pueden medir junto con la velocidad de desplazamiento para determinar el aporte de calor, y los parámetros del proceso de soldadura se pueden utilizar para estimar la longitud del arco. Los datos de posición se pueden transformar en la posición de inicio de la soldadura, la posición de parada de la soldadura, la longitud de la soldadura, la secuencia de la soldadura, la progresión de la soldadura o combinaciones de las mismas, y la corriente y el voltaje se pueden medir junto con la velocidad de desplazamiento para determinar el aporte de calor.

Las FIG. 2-5 proporcionan vistas ilustrativas del sistema de calificación de soldaduras 10 de acuerdo con una forma de realización de ejemplo de la presente invención. Según se muestra en la FIG. 2, el puesto de formación portátil 20 incluye una base, en esencia, plana 22 para hacer contacto con un piso u otro substrato horizontal, una columna de soporte vertical rígida 24, un soporte de cámara o de dispositivo de formación de imágenes 26, un conjunto de cremallera y piñón 31 para ajustar la altura del soporte del dispositivo de formación de imágenes 26. En la mayoría de las formas de realización, el sistema de calificación de soldaduras 10 tiene por objeto poderse portar o, al menos, desplazar de una ubicación a otra, por lo tanto, la huella total de la base 22 es relativamente pequeña para permitir la máxima flexibilidad en cuanto a la instalación y utilización. Según se muestra en la FIG. 2-6, el sistema de calificación de soldaduras 10 se puede utilizar para ejercicios de formación que incluyan cualquier disposición adecuada de las piezas de trabajo, incluyendo, pero no limitadas a, piezas de trabajo planas, horizontales, verticales, aéreas y orientadas fuera de posición. En las formas de realización de ejemplo mostradas en las Figuras, el puesto de formación 20 se representa como una estructura unitaria o integrada que es capaz de soportar los otros componentes del sistema. En otras formas de realización, el puesto 20 está ausente y los diversos componentes del sistema se soportan mediante cualquier medio estructural o de soporte adecuado que pueda estar disponible. Por lo tanto, dentro del contexto de esta invención, el "puesto" 20 se define como cualquier estructura única o, alternativamente, estructuras múltiples que sean capaces de soportar los componentes del sistema de calificación de soldaduras 10.

Con referencia a las FIG. 2-3, determinados ejercicios de soldadura utilizarán un ensamblaje plano 30, que se une con capacidad de deslizar a la columna de soporte vertical 24 mediante el collar 34, que se desliza hacia arriba o hacia abajo en la columna de soporte 24. El collar 34 se soporta además en la columna 24 mediante la cremallera y el piñón

31, la cual incluye el eje 32 para mover el conjunto de cremallera y piñón 31 hacia arriba o hacia abajo en la columna de soporte 24. El ensamblaje plano 30 incluye la plataforma de formación 38, que se soporta en uno o más soportes (no visibles). En algunas formas de realización, un escudo 42 se une a la plataforma de formación 38 para proteger la superficie de la columna de soporte 24 de los daños causados por el calor. La plataforma de formación 38 incluye además al menos una abrazadera 44 para asegurar el accesorio/plantilla de posición específica de soldadura 46 a la superficie de la plataforma de formación. La configuración estructural o las características generales de la plantilla de posición específica de soldadura 46 son variables en función del tipo de proceso de soldadura que sea objeto de un ejercicio de soldadura particular, y en las FIG. 2-3, el accesorio 46 se configura para un ejercicio de soldadura en ángulo. En la forma de realización de ejemplo mostrada en las FIG. 2-3, los componentes estructurales primero 48 y segundo 50 del accesorio de posición específica de soldadura 46 se configuran en ángulo recto entre sí. El accesorio de posición específica 46 puede incluir una o más espigas 47 para facilitar la colocación adecuada de un cupón de soldadura (pieza de trabajo) 54 en el accesorio. Las características de cualquier cupón de soldadura 54 utilizado con el sistema 10 son variables en función del tipo de proceso de soldadura manual que sea el objeto de un ejercicio de formación particular y en la forma de realización de ejemplo mostrada en las FIG. 7-8, las partes primera 56 y segunda 58 del cupón de soldadura 54 también se configuran con ángulos rectos entre sí. Con referencia a las FIG. 4- 5, algunos otros ejercicios de soldadura utilizarán un ensamblaje horizontal 30 (véase la FIG. 4) o un ensamblaje vertical 30 (véase la FIG. 5). En la FIG. 4, el ensamblaje horizontal 30 soporta el accesorio de tope 46, que mantiene la pieza de trabajo 54 en la posición adecuada para un ejercicio de soldadura a tope. En la FIG. 5, el ensamblaje vertical 30 soporta el accesorio vertical 46, que mantiene la pieza de trabajo 54 en la posición adecuada para un ejercicio de soldadura a solape.

El componente de procesamiento de datos 300 de la presente invención normalmente incluye al menos un ordenador para recibir y analizar la información capturada por el componente de captura de datos 200, que a su vez incluye al menos una cámara digital contenida en una carcasa protectora. Durante el funcionamiento del sistema de calificación de soldaduras 10, este ordenador normalmente está ejecutando software que incluye un módulo de régimen de formación, un módulo de procesamiento de imágenes y análisis de cuerpos rígidos, y un módulo de procesamiento de datos. El módulo de régimen de formación incluye una variedad de tipos de soldadura y una serie de parámetros del proceso de soldadura aceptables asociados con la creación de cada tipo de soldadura. Cualquier número de tipos de uniones de soldadura conocidas o AWS y los parámetros aceptables asociados con estos tipos de uniones de soldadura se pueden incluir en el módulo de régimen de formación, al que accede y configura un instructor del curso antes de comenzar un ejercicio de formación. El proceso y/o tipo de soldadura seleccionado por el instructor determina qué accesorio, dispositivo de calibración y cupón de soldadura específicos del proceso de soldadura se utilizan para cualquier ejercicio de formación determinado. El módulo de reconocimiento de objetos se opera para entrenar al sistema a reconocer un objetivo de cuerpo rígido 98 conocido (que incluye dos o más marcadores de puntos) y a continuación utilizar el objetivo 98 para calcular los datos de posición y orientación de la pistola de soldar 90 a medida que un aprendiz realiza una soldadura manual real. El módulo de procesamiento de datos compara la información del módulo de régimen de formación con la información procesada por el módulo de reconocimiento de objetos y envía los datos comparativos a un dispositivo de visualización, tal como un monitor o una pantalla de avisos. El monitor permite al aprendiz visualizar los datos procesados en tiempo real y los datos visualizados son operativos para proporcionar al aprendiz una retroalimentación útil con respecto a las características y la calidad de la soldadura. La interfaz visual del sistema de calificación de soldaduras 10 puede incluir una variedad de características relacionadas con la entrada de información, el inicio de sesión, la configuración, la calibración, la práctica, el análisis y el seguimiento del progreso. La pantalla de análisis normalmente muestra los parámetros de soldadura que se encuentran en el módulo de régimen de formación, incluyendo (pero no limitados a) el ángulo de trabajo, el ángulo de desplazamiento, la distancia de separación de la herramienta, la velocidad de desplazamiento, la colocación del cordón, el tejido, el voltaje, la corriente, la velocidad de alimentación del hilo, la longitud del arco, el aporte de calor, el flujo de gas (medido), la distancia de la punta de contacto a la pieza (CTWD) y la velocidad de deposición (por ejemplo, libras/hora, pulgadas/carrera). Con la presente invención son posibles múltiples variaciones de visualización.

En la mayoría de los casos, si no en todos, el sistema de calificación de soldaduras 10 se someterá a una serie de etapas/procesos de calibración antes de su utilización. Algunos de los aspectos de la calibración del sistema se realizarán normalmente por el fabricante del sistema 10 antes de su entrega a un cliente y otros aspectos de la calibración del sistema se realizarán normalmente por el usuario del sistema de calificación de soldaduras 10 antes de cualquier ejercicio de formación de soldadura. La calibración del sistema normalmente implica dos procesos de calibración relacionados e integrales: (i) determinar la posición y orientación tridimensional de la trayectoria de operación a crear en una pieza de trabajo para cada combinación de unión/posición a utilizar en diversos ejercicios de formación de soldadura; y (ii) determinar la posición y orientación tridimensional de la herramienta de soldadura mediante el cálculo de la relación entre varios marcadores de puntos pasivos (por ejemplo, reflectantes) o activos (por ejemplo, emisores de luz) situados en el objetivo 98 y al menos dos puntos clave representados por marcadores de puntos situados en la herramienta de soldadura 90.

El primer aspecto de la calibración de esta invención normalmente consiste en la calibración de la operación de soldadura con respecto al sistema de coordenadas globales, es decir, en relación con los demás componentes estructurales del sistema de calificación de soldaduras 10 y el espacio tridimensional ocupado por el mismo. Antes de hacer el seguimiento/calificación de un ejercicio de soldadura manual, se determinarán las coordenadas globales de cada trayectoria de operación deseada (es decir, el vector) en una pieza de trabajo determinada. En algunas formas de realización, se trata de un proceso de calibración ejecutado en fábrica que incluirá los correspondientes archivos de configuración almacenados en el componente de procesamiento de datos 200. En otras formas de realización, el

proceso de calibración se podría ejecutar sobre el terreno (es decir, in situ). Para obtener los vectores deseados, se puede insertar un dispositivo de calibración que contenga marcadores activos o pasivos en al menos dos marcadores de localización en cada una de las diversas posiciones de la plataforma (por ejemplo, plana, horizontal y vertical). Las FIG. 6-8 ilustran esta etapa de calibración en una posible posición de la plataforma. El accesorio de unión específico 46 incluye los componentes estructurales primero y segundo 48 (horizontal) y 50 (vertical), respectivamente. La pieza de trabajo 54 o cupón de soldadura incluye las partes primera y segunda 56 (horizontal) y 58 (vertical), respectivamente. Un experto en la técnica apreciará que los conceptos inventivos generales se extienden a cualesquiera configuraciones y orientaciones de plantilla/cupón adecuadas. Por ejemplo, en algunas formas de realización de ejemplo, la calibración de la plantilla o de la unión se podría realizar utilizando un dispositivo portátil o extraíble que "enseñe" los puntos del programa informático (es decir, las posiciones) para determinar la trayectoria de operación. De esta manera, la utilización de los dos o más puntos permitiría orientar el conjunto soldado en cualquier posición.

La trayectoria de operación de la pieza de trabajo se extiende desde el punto X hasta el punto Y y se muestra como la doble línea 59 en la FIG. 7. Los marcadores de puntos de localización 530 y 532 se colocan según se muestra en las FIG. 6 (y FIG. 8), y la localización de cada marcador se obtiene utilizando el componente de captura de datos 100. Se puede utilizar cualquier sistema de captura de datos adecuado, por ejemplo, las herramientas de seguimiento Optitrack (proporcionadas por la empresa NaturalPoint, Inc. de Corvallis, Oregón) o un sistema similar de hardware/software disponible comercialmente o propietario que proporcione un marcador tridimensional y un seguimiento del movimiento del objeto de seis grados de libertad en tiempo real. Dichas tecnologías normalmente utilizan marcadores de puntos reflectantes y/o emisores de luz dispuestos en patrones predeterminados para crear nubes de puntos que son interpretadas por el hardware y el software del sistema de formación de imágenes como "cuerpos rígidos", aunque otras metodologías adecuadas son compatibles con esta invención.

En el proceso de calibración representado por el diagrama de flujo de la FIG. 9, la tabla 38 se fija en la posición  $i$  (0, 1, 2) en la etapa 280; se coloca un dispositivo de calibración en las clavijas de ubicación en la etapa 282; se capturan todas las posiciones de los marcadores en la etapa 284; se calculan las coordenadas para las posiciones de los localizadores en la etapa 286; se calculan las coordenadas para la trayectoria de operación del filete en la etapa 288 y se almacenan en 290; se calculan las coordenadas para la trayectoria de operación del solape en la etapa 292 y se almacenan en 294; y se calculan las coordenadas para la trayectoria de operación de la ranura en la etapa 296 y se almacenan en 298. Todas las coordenadas se calculan con respecto al espacio tridimensional visible mediante el componente de captura de datos 200.

En una forma de realización de esta invención, la posición y orientación de la pieza de trabajo se calibra a través de la aplicación de dos o más marcadores de puntos pasivos o activos a un dispositivo de calibración que se coloca con un desplazamiento translacional y rotacional conocido a un accesorio que sostiene la pieza de trabajo con un desplazamiento translacional y rotacional conocido. En otra forma de realización de esta invención, la posición y orientación de la pieza de trabajo se calibra a través de la aplicación de dos o más marcadores de puntos pasivos o activos a un accesorio que sostiene la pieza de trabajo con un desplazamiento translacional y rotacional conocido. En todavía otras formas de realización, la pieza de trabajo no es lineal, y la posición y orientación de la misma se pueden mapear utilizando una herramienta de calibración con dos o más marcadores de puntos pasivos o activos y almacenarlas para su utilización posterior. La posición y orientación de la trayectoria de operación de la pieza de trabajo puede sufrir un desplazamiento translacional y rotacional predeterminado desde su plano de calibración original en función de las etapas de la secuencia de la operación de trabajo global.

En algunas formas de realización de ejemplo, se extraen datos sobre las soldaduras en formato electrónico (por ejemplo, presentados en CAD) y se utilizan para determinar la posición y/o orientación de la pieza de trabajo. Además, también se procesa una memoria descriptiva del procedimiento de soldadura (WPS) asociado que especifica los parámetros de soldadura para el conjunto soldado. De esta manera, el sistema puede mapear el dibujo CAD y la WPS para su utilización en la evaluación (en tiempo real) del cumplimiento de la WPS.

Los parámetros importantes de manipulación de la herramienta, tales como la posición, la orientación, la velocidad, la aceleración y la relación espacial con la trayectoria de operación de la pieza de trabajo se pueden determinar a partir del análisis de las posiciones y orientaciones consecutivas de la herramienta a lo largo del tiempo y las diversas trayectorias de operación de la pieza de trabajo descritas anteriormente. Los parámetros de manipulación de la herramienta se pueden comparar con valores preferidos predeterminados para determinar las desviaciones de los procedimientos conocidos y preferidos. Los parámetros de manipulación de la herramienta también se pueden combinar con otros parámetros del proceso de fabricación para determinar las desviaciones respecto de los procedimientos preferidos, y estas desviaciones se pueden utilizar para evaluar el nivel de destreza, proporcionar retroalimentación para la formación, evaluar el progreso hacia un objetivo de destreza o para fines de control de calidad. Los parámetros de movimiento registrados con respecto a la trayectoria de operación de la pieza de trabajo se pueden agregar a partir de múltiples operaciones para fines de control estadístico del proceso. Las desviaciones de los procedimientos preferidos se pueden agregar a partir de múltiples operaciones para fines de control estadístico del proceso. También se pueden registrar parámetros importantes de manipulación de la herramienta y posiciones y orientaciones de la herramienta con respecto a la trayectoria de operación de la pieza de trabajo para establecer una firma de los movimientos de un operador experimentado a utilizar como una línea base para evaluar el cumplimiento de los procedimientos preferidos.

El segundo aspecto de la calibración implica normalmente la calibración de la herramienta de soldadura 90 con respecto al objetivo 98. La herramienta de soldadura 90 normalmente es un soplete o una pistola de soldadura o un portaelectrodos SMAW, pero también puede ser cualquier cantidad de otros instrumentos, incluyendo un soldador, un soplete de corte, una herramienta de formación, una herramienta de extracción de material, una pistola de pintura o una llave. Con referencia a las FIG. 10-11, la pistola/herramienta de soldar 90 incluye la punta de la herramienta 91, la boquilla 92, el cuerpo 94, el gatillo 96 y el objetivo 98. Un dispositivo de calibración de la herramienta 93, que incluye dos marcadores de puntos activos o pasivos integrados en las posiciones A y B (véase la FIG. 11) se une, se inserta o se interconecta de alguna otra forma con la boquilla 92. Por ejemplo, la punta de la herramienta 91 se puede mecanizar para que el dispositivo de calibración de la herramienta 93 se pueda enroscar en la boquilla 92 de la herramienta de soldadura 90 para sus fines de calibración.

En otra forma de realización de ejemplo, el dispositivo de calibración de la herramienta 93 se fija a un manguito 1100 según se muestra en la FIG. 11 A. El manguito 1100 se puede moldear y dimensionar con el fin de que se adapte sobre al menos una parte de la boquilla 92 de la herramienta de soldadura 90. En algunas formas de realización, el manguito 1100 se puede adaptar a la boquilla 92 sin necesidad de retirar la punta de la herramienta 91. En algunas formas de realización de ejemplo, el manguito 1100 encaja o se interconecta de alguna otra manera con una parte de la herramienta de soldadura 90 que no es la boquilla 92. El manguito 1100 se conecta de forma extraíble a la herramienta de soldadura 90 de cualquier manera adecuada, por ejemplo, mediante un ajuste por fricción, roscas, etc. El manguito 1100 se puede moldear y dimensionar con el fin de que se adapte a varias herramientas de soldadura diferentes, sin requerir la modificación de dichas herramientas de soldadura. De esta manera, el manguito 1100 y el dispositivo de calibración de la herramienta 93 unido forman un tipo de dispositivo de calibración de herramientas "universal".

Además, se construye una nube de puntos de cuerpo rígido (es decir, un "cuerpo rígido") uniendo los marcadores de puntos activos o pasivos 502, 504 y 506 (y posiblemente marcadores de puntos adicionales) a la superficie superior del objetivo 98.

Según se describe en la presente memoria, otras disposiciones de marcadores de puntos son posibles y caen dentro del alcance de los conceptos inventivos generales. El objetivo 98 puede incluir una entrada de energía si los marcadores de puntos utilizados son activos y requieren una fuente de energía. El componente de captura de datos 200 utiliza un sistema de seguimiento (por ejemplo, las herramientas de rastreo Optitrack mencionadas anteriormente) o un hardware/software similar para localizar el cuerpo rígido y los marcadores de puntos 522 (A) y 520 (B), que representan la ubicación de un vector de la herramienta. Estas posiciones se pueden extraer del software del sistema 10 y se puede calcular la relación entre los marcadores de puntos A y B y el cuerpo rígido.

En el proceso de calibración de ejemplo representado en el diagrama de flujo de la FIG. 12, la boquilla de soldadura 92 y el tubo de contacto 91 se retiran en la etapa 250; el dispositivo de calibración se inserta en el cuerpo 94 en la etapa 252; la herramienta de soldadura 90 se coloca en la envolvente de trabajo y el cuerpo rígido (designado como "S" en la FIG. 12) y los marcadores de puntos A y B se capturan mediante el componente de captura de datos 100; y las relaciones entre A y S y B y S se calculan en la etapa 256; siendo almacenados los datos de relación para  $A_s$  en la etapa 258 y siendo almacenados los datos de relación para  $B_s$  en la etapa 260.

En una forma de realización de esta invención, la calibración de la punta de la herramienta y el vector de la herramienta se realiza a través de la aplicación de dos o más marcadores de puntos pasivos o activos al dispositivo de calibración en ubicaciones a lo largo del vector de la herramienta con un desplazamiento conocido hacia la punta de la herramienta. En otra forma de realización, la calibración de la punta de la herramienta y el vector de la herramienta se realiza insertando la herramienta en un bloque de calibración de posición y orientación conocidas con respecto a la pieza de trabajo. Por ejemplo, la calibración de la punta de la herramienta y el vector de la herramienta se puede realizar insertando la punta de la herramienta 91 en la unión soldada de una forma determinada.

En cuanto al cuerpo rígido definido por los marcadores de puntos (por ejemplo, 502, 504, 506), en una forma de realización, los marcadores de puntos pasivos o activos se fijan a la herramienta de una manera multifacética, de modo que se pueda admitir una amplia gama de cambios de rotación y orientación dentro del campo de visión del sistema de formación de imágenes. En otra forma de realización, los marcadores de puntos pasivos o activos se fijan a la herramienta de una manera esférica, de modo que se pueda admitir una amplia gama de cambios de rotación y orientación dentro del campo de visión del sistema de formación de imágenes. En todavía otra forma de realización, los marcadores de puntos pasivos o activos se fijan a la herramienta en forma de anillo, de modo que se pueda admitir una amplia gama de cambios de rotación y orientación dentro del campo de visión del sistema de formación de imágenes.

Numerosas características adicionales útiles se pueden incorporar a la presente invención. Por ejemplo, con el fin del filtrado de imágenes, los filtros pasa-banda o paso-alto se pueden incorporar a la secuencia óptica para cada una de las varias cámaras digitales en el componente de captura de datos 200 para permitir la luz de sólo las longitudes de onda que son reflejadas o emitidas desde los marcadores de puntos para mejorar la relación señal-ruido de la imagen. Los datos espurios se pueden rechazar analizando sólo la información de la imagen obtenida dentro de una región dinámica de interés que tenga un desplazamiento limitado desde una localización del cuerpo rígido previamente conocida. Esta región dinámica de interés se puede incorporar o predefinir de otro modo (es decir, preprogramar como una caja o región de anchura x y altura y centrada en posiciones conocidas del objetivo 98) dentro del campo de visión

de cada cámara digital, de tal manera que la información de la imagen sólo se procese a partir de esta región predefinida. La región de interés cambiará a medida que el cuerpo rígido se mueva y, por lo tanto, se basa en las ubicaciones previamente conocidas del cuerpo rígido. Este enfoque permite al sistema de formación de imágenes ver sólo los píxeles dentro de la región dinámica de interés cuando se buscan marcadores de puntos, mientras que se ignoran o bloquean los píxeles en el fotograma más grande de la imagen que no están incluidos en la región dinámica de interés. La disminución del tiempo de procesamiento es un beneficio de este aspecto de la invención.

En algunas formas de realización de la presente invención, la posición y orientación de la trayectoria de operación, o un segmento predeterminado de la misma, con respecto al espacio tridimensional visible por el sistema de formación de imágenes se obtiene de un modelo CAD tridimensional, cuyo sistema de coordenadas es conocido con respecto al sistema de coordenadas del sistema de formación de imágenes. El modelo CAD tridimensional también puede contener una definición de puntos lineales o curvilíneos que definen el segmento de la trayectoria de operación y se sitúan al menos tres puntos de calibración tanto en el modelo CAD tridimensional como en el accesorio. Se puede aplicar un desplazamiento de posición y orientación al modelo CAD tridimensional midiendo la posición de al menos los tres puntos de calibración en el accesorio con el sistema de formación de imágenes y comparando a continuación las mediciones con los puntos de calibración originales del modelo CAD tridimensional. En otras formas de realización, la posición y orientación de la trayectoria de operación lineal o curvilínea, o un segmento predeterminado de la misma, con respecto al espacio tridimensional visible se puede obtener mediante el sistema de formación de imágenes utilizando un modelo CAD tridimensional, en donde el sistema de coordenadas del modelo CAD tridimensional con respecto al sistema de coordenadas del sistema de formación de imágenes esté predeterminado, y en donde las ubicaciones soldadas en el modelo CAD tridimensional estén predefinidas. Con respecto a la creación del modelo CAD, hay normalmente una relación de uno a uno entre el modelo CAD y la pieza en cuestión, y una secuencia de calibración puede ser un aspecto del ejercicio de soldadura. El modelo existe en el espacio virtual y el usuario instruye al sistema en cuanto a la ubicación de los dos puntos. Se crea un vínculo para eliminar cualquier variación entre el modelo CAD y la pieza o se utiliza un dato particular sobre el utillaje. También se puede incluir un procedimiento para enseñar el sistema desconectado.

Una definición de una trayectoria de operación para esta invención describe una única trayectoria continua para la operación. En determinadas formas de realización, la trayectoria de operación se divide en segmentos separados para las soldaduras que atraviesan las esquinas o cambian de dirección general. En este contexto, los puntos forman un segmento de la trayectoria de operación (al menos dos), y los segmentos de la trayectoria de operación contiguos forman una cadena de la trayectoria de operación. Por lo tanto, la posición y orientación de la trayectoria de operación puede estar formada de uno o más segmentos de la trayectoria de operación que forman una cadena, y los segmentos consecutivos comparten un punto de la trayectoria de operación al final de un segmento y al comienzo del siguiente segmento. En dichas formas de realización, el sistema proporciona la capacidad de moverse entre múltiples planos de calibración; cada plano de operación depende de qué plano de calibración se está utilizando, y cada trayectoria de operación se vincula a un sistema de coordenadas predeterminado.

Además, el sistema de calificación de soldaduras de ejemplo 10 de la FIG. 2 se puede modificar para procesar mejor el caso de una trayectoria de operación redonda (por ejemplo, circular), tal como con la soldadura de tuberías, y/o un ensamblaje más complejo de piezas de trabajo.

Según se muestra en la FIG. 13, el sistema de calificación de soldaduras 10 incluye un puesto de formación similar o idéntico al puesto 20 mostrado en la FIG. 2, que tiene la base, en esencia, plana 22. Además, un bastidor 1302, jaula o similar también está interconectado con el puesto 20 (ya sea directa o indirectamente). Por ejemplo, el bastidor 1302 se podría conectar al soporte de la cámara o al dispositivo de formación de imágenes 26.

En algunas formas de realización, el bastidor 1302 se puede separar fácilmente del puesto 20 para fomentar la portabilidad del sistema 10. El bastidor 1302 incluye una o más patas 1304 para soportar adicionalmente el bastidor 1302, junto con el puesto 20. Las patas 1304 se pueden ajustar en altura. El bastidor define diversas ubicaciones en las que se pueden montar cámaras (por ejemplo, cámaras digitales de visión de alta velocidad). Según se muestra en la FIG. 13, varias cámaras 1306 se montan en el bastidor 1302 como varias ubicaciones (y elevaciones) alrededor de la pieza de trabajo 54. De esta manera, el bastidor 1302 rodea al menos parcialmente la pieza de trabajo 54. En algunas formas de realización de ejemplo, al menos la mitad de la pieza de trabajo 54 (es decir, 180 grados en el caso de una tubería) se rodea por el bastidor 1302. En algunas formas de realización de ejemplo, al menos el 75% de la pieza de trabajo 54 (es decir, 270 grados en el caso de una tubería) se rodea por el bastidor 1302. En algunas formas de realización de ejemplo, en esencia toda (es decir, ~ 100%) de la pieza de trabajo 54 se rodea por el bastidor 1302.

Las cámaras 1306 forman parte del componente de captura de datos 200. En algunas formas de realización de ejemplo, el sistema de calificación de soldaduras 10 incluye 2 o más cámaras (por ejemplo, 2-20). En algunas formas de realización de ejemplo, el sistema de calificación de soldaduras 10 incluye 4 o más cámaras, 5 o más cámaras, 6 o más cámaras, 7 o más cámaras, 8 o más cámaras, 9 o más cámaras, 10 o más cámaras, 11 o más cámaras, o 12 o más cámaras. En algunas formas de realización de ejemplo, el sistema de calificación de soldaduras 10 incluye al menos 4 cámaras, al menos 5 cámaras, al menos 6 cámaras, al menos 7 cámaras, al menos 8 cámaras, al menos 9 cámaras, al menos 10 cámaras, al menos 11 cámaras, o al menos 12 cámaras. Después de la calibración de las cámaras (según sea necesario), el cupón de soldadura 54 y la herramienta de soldadura 10 se calibran como se describe en la presente memoria. La distribución de las cámaras 1306 alrededor de la pieza de trabajo 54 (por ejemplo, una tubería) facilita el seguimiento preciso de las operaciones de soldadura en la pieza de trabajo 54.

## ES 2 793 020 T3

5 Aunque la presente invención se ha ilustrado mediante la descripción de formas de realización de ejemplo de la misma, y aunque las formas de realización se han descrito con cierto detalle, la intención del Solicitante no es restringir o limitar de alguna manera el alcance de las reivindicaciones anexas a dicho detalle. Ventajas y modificaciones adicionales surgirán fácilmente para los expertos en la técnica. Por lo tanto, la invención en sus aspectos más amplios no se limita a ninguno de los detalles específicos, dispositivos y métodos representativos, y/o ejemplos ilustrativos mostrados y descritos. Por consiguiente, se pueden hacer desviaciones de dichos detalles sin desviarse del alcance del concepto inventivo general del solicitante.

### NÚMEROS DE REFERENCIA

10	sistema de calificación de soldaduras	93	dispositivo de calibración de la herramienta
20	puesto de formación	94	cuerpo
22	base	96	gatillo
24	columna de soporte	98	objetivo
26	soporte de camera o dispositivo de formación de imágenes	98	objetivo
		100	componente de generación de datos
30	ensamblaje	110	captura de imágenes
31	conjunto de cremallera y piñón	112	procesamiento de imágenes
32	eje	200	componente de captura de datos
34	collar	210	datos de soldadura por arco
38	plataforma de formación	212	procesamiento de datos
42	escudo	214	almacenamiento de datos
44	abrazadera	250	etapa
46	plantilla	256	etapa
47	espigas	258	etapa
48	componente	252	etapa
50	componente	260	etapa
54	cupón de soldadura	280	etapa
56	parte	282	etapa
58	parte	284	etapa
90	pistola de soldadura	288	etapa
91	punta de la herramienta	290	etapa
92	boquilla	292	etapa

## ES 2 793 020 T3

294	etapa	522	marcador de puntos
296	etapa	520	marcador de puntos
298	etapa	530	marcador de puntos
300	componente de procesamiento de datos	532	marcador de puntos
310	visualización de datos	1100	manguito
502	marcador de puntos	1302	bastidor
504	marcador de puntos	1304	patas
506	marcador de puntos	1306	cámaras

**REIVINDICACIONES**

1. Un sistema (10) para calificar las operaciones de soldadura, que comprende:

(a) un componente de generación de datos (100), en donde el componente de generación de datos (100) incluye, además:

5 (i) un accesorio, en donde las características geométricas del accesorio están predeterminadas;  
 (ii) una pieza de trabajo adaptada para ser montada en el accesorio, en donde la pieza de trabajo puede comprender una tubería e incluye al menos una unión a soldar, en donde un vector que se extiende a lo largo de la unión a soldar define una trayectoria de operación; la trayectoria de operación es lineal, curvilínea, circular o una combinación de las mismas;

10 (iii) al menos un dispositivo de calibración (93), en donde cada dispositivo de calibración (93) incluye además al menos dos marcadores de puntos integrados con el mismo, y en donde la relación geométrica entre los marcadores de puntos y la trayectoria de operación está predeterminada; y

(iv) una herramienta de soldadura, en donde la herramienta de soldadura se opera para formar una soldadura en la unión a soldar, en donde la herramienta de soldadura define una punta de la herramienta y un vector de la herramienta, y en donde la herramienta de soldadura incluye además un objetivo unido a la herramienta de soldadura, en donde el objetivo incluye además varios marcadores de puntos montados en el mismo en un patrón predeterminado, y en donde el patrón predeterminado de marcadores de puntos se opera para definir un cuerpo rígido; y

(b) un componente de captura de datos (200), en donde el componente de captura de datos (200) incluye además un sistema de formación de imágenes para capturar imágenes de los marcadores de puntos y

20 (c) un componente de procesamiento de datos (300), en donde el componente de procesamiento de datos (300) se opera para recibir información del componente de captura de datos (200) y a continuación calcular:

(i) la posición y orientación de la trayectoria de operación con respecto al espacio tridimensional visible por el sistema de formación de imágenes;

25 (ii) la posición de la punta de la herramienta y la orientación del vector de la herramienta con respecto al cuerpo rígido; y

(iii) la posición de la punta de la herramienta y la orientación del vector de la herramienta con respecto a la trayectoria de operación; y

incluyendo el sistema de formación de imágenes varias cámaras digitales (1306); en donde el accesorio incluye un bastidor (1302);

30 caracterizado por que

las varias cámaras digitales incluyen al menos una cámara digital colocada por encima de la pieza de trabajo y al menos una cámara digital colocada por debajo de la pieza de trabajo; y

en donde el bastidor (1302) incluye las varias cámaras digitales (1306) montadas en el mismo en varias ubicaciones del mismo y en varias ubicaciones y elevaciones alrededor de la pieza de trabajo (54); y

35 en donde el bastidor (1302) y las cámaras (1306) rodean al menos la mitad de la pieza de trabajo (54); y

en donde cada cámara digital (1306) captura imágenes de la pieza de trabajo desde un ángulo diferente.

2. El sistema de la reivindicación 1, en donde se incorpora al menos un filtro en la secuencia óptica para cada una de las varias cámaras digitales para permitir la luz sólo de las longitudes de onda que se reflejan o emiten desde los marcadores de puntos para mejorar la relación señal-ruido de la imagen.

40 3. El sistema de reivindicación 1 o 2, en donde el sistema de formación de imágenes incluye además al menos una región dinámica de interés visible por las varias cámaras digitales, en donde la región dinámica de interés se determina mediante la utilización de posiciones previamente conocidas para el cuerpo rígido, y en donde la información de la imagen se recopila y procesa sólo desde dentro de la región dinámica de interés.

4. El sistema de una de las reivindicaciones 1 a 3,

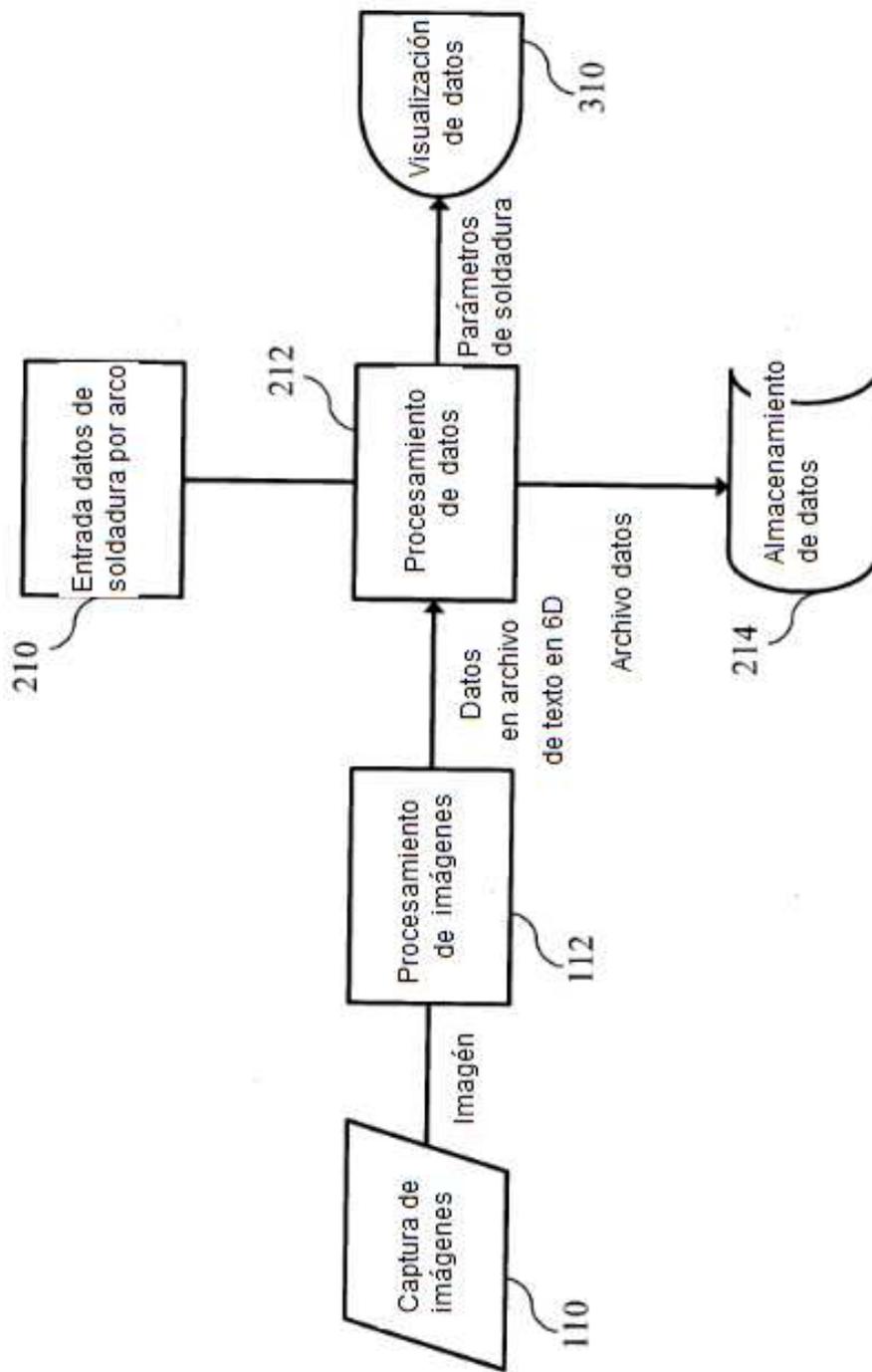
45 en donde la posición y orientación de la trayectoria de operación se calibra utilizando al menos dos marcadores de puntos integrados a un dispositivo de calibración que se coloca con un desplazamiento translacional y rotacional conocido hacia el accesorio, y en donde el accesorio sostiene la pieza de trabajo con un desplazamiento translacional y rotacional conocido hacia la trayectoria de operación; y/o

50 en donde la posición y orientación de la trayectoria de operación se calibra utilizando al menos dos marcadores de puntos situados en un accesorio que sostiene la pieza de trabajo con un desplazamiento translacional y rotacional conocido hacia la trayectoria de operación.

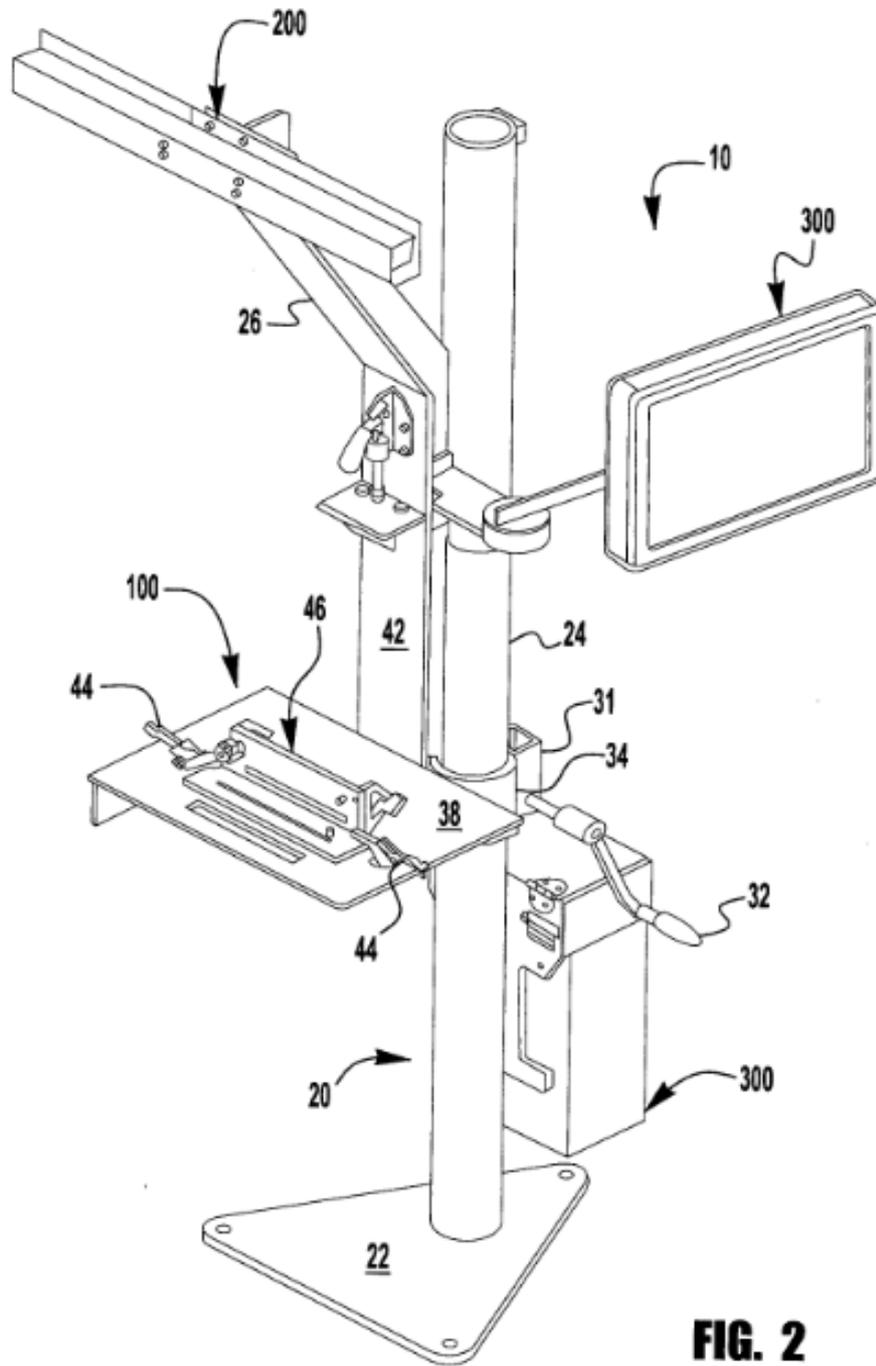
5. El sistema de una de las reivindicaciones 1 a 4, en donde la trayectoria de operación no es lineal, preferentemente es circular, en donde la posición y orientación de la trayectoria de operación en el espacio tridimensional se puede mapear utilizando un dispositivo de calibración que incluya al menos dos marcadores de puntos, y en donde la trayectoria de operación dicta la colocación del dispositivo de calibración en múltiples puntos diferentes de la misma.

55

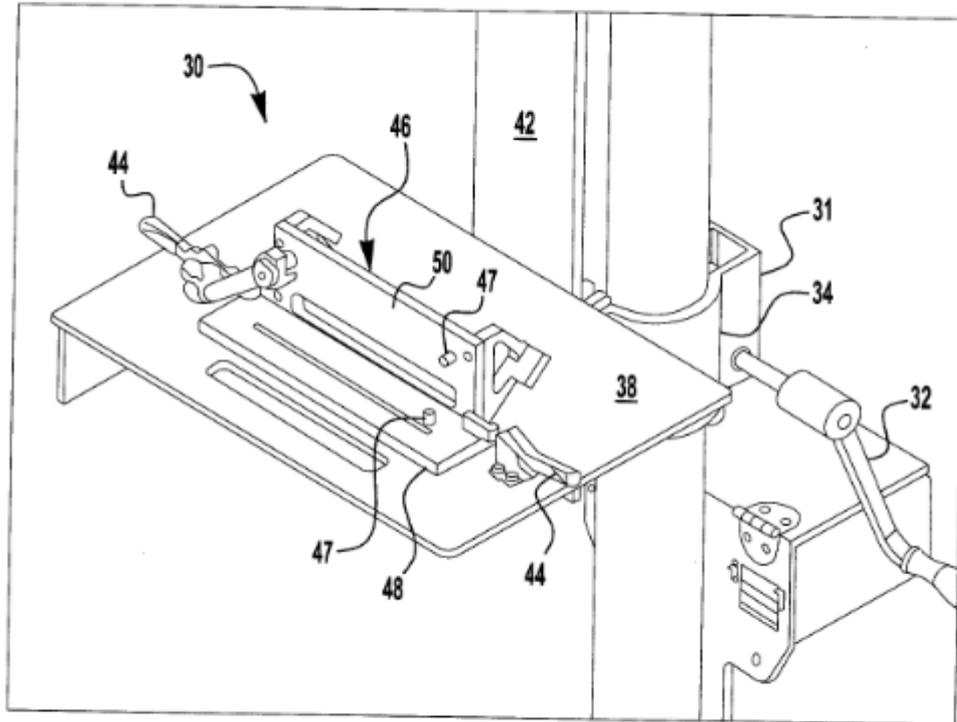
- 5 6. El sistema de una de las reivindicaciones 1 a 5, en donde la posición y orientación de la trayectoria de operación sufre un desplazamiento translacional y rotacional predeterminado desde su plano de calibración original, en función de etapas secuenciales predeterminados incluidas en la operación global del sistema; y/o en donde la posición y orientación de la trayectoria de operación se compone de uno o más segmentos de la trayectoria de operación que forman una cadena, y en donde los segmentos consecutivos comparten un punto de la trayectoria de operación al final de un segmento y al comienzo del siguiente segmento.
- 10 7. El sistema de una de las reivindicaciones 1 a 6, en donde la posición y orientación de la trayectoria de operación, o un segmento predeterminado de la misma, con respecto al espacio tridimensional visible por el sistema de formación de imágenes se obtiene a partir de un modelo CAD tridimensional, cuyo sistema de coordenadas se conoce con respecto al sistema de coordenadas del sistema de formación de imágenes.
- 15 8. El sistema de la reivindicación 7, en donde el modelo CAD tridimensional contiene una definición de puntos lineales o curvilíneos que definen el segmento de la trayectoria de operación; y/o  
en donde al menos tres puntos de calibración se sitúan tanto en el modelo CAD tridimensional como en el accesorio; y/o
- 20 9. El sistema de una de las reivindicaciones 1 a 8, en donde la calibración de la punta de la herramienta y el vector de la herramienta de la herramienta de soldadura se realiza utilizando dos o más marcadores de puntos integrados en un dispositivo de calibración extraíble, y en donde los marcadores de puntos en el dispositivo de calibración se sitúan a lo largo de un vector de la herramienta que tiene un desplazamiento conocido hacia la punta de la herramienta de la herramienta de soldadura; y/o  
en donde la calibración de la punta de la herramienta de soldadura se realiza insertando la punta de la herramienta de soldadura en un dispositivo de calibración cuya posición y orientación con respecto a la pieza de trabajo está predeterminada,
- 25 30 en donde preferiblemente: el sistema calcula valores para al menos una de la posición, la orientación, la velocidad y la aceleración de la herramienta con respecto a la trayectoria de operación, en donde estos valores se comparan a continuación con valores preferidos predeterminados para determinar las desviaciones de los procedimientos conocidos y preferidos, y en donde dichas desviaciones se utilizan para al menos uno de los propósitos de evaluar el nivel de destreza, proporcionar retroalimentación para la formación, evaluar el progreso hacia un objetivo de destreza y control de calidad.
- 35 10. El sistema de una de las reivindicaciones 1 a 9, en donde los marcadores de puntos que definen el cuerpo rígido se fijan a la herramienta de soldadura en una configuración multifacética que se adapta a una amplia gama de cambios de rotación y orientación de la herramienta de soldadura cuando se utiliza, y/o  
en donde los marcadores de puntos que definen el cuerpo rígido se fijan a la herramienta de soldadura en una configuración esférica que se adapta también a una amplia gama de cambios de rotación y orientación de la herramienta de soldadura cuando se utiliza.
- 40 11. El sistema de una de las reivindicaciones 1 a 10, en donde los marcadores de puntos pasivos o activos se fijan a la herramienta de soldadura en una configuración de anillo que se adapta a una amplia gama de cambios de rotación y orientación de la herramienta de soldadura cuando se utiliza.
- 45 12. El sistema de una de las reivindicaciones 1 a 11, en donde el sistema calcula valores para al menos una de la posición, la orientación, la velocidad y la aceleración de la herramienta con respecto a la trayectoria de operación, en donde estos valores se comparan a continuación con valores preferidos predeterminados para determinar las desviaciones de los procedimientos conocidos y preferidos, y en donde dichas desviaciones se utilizan para al menos uno de los propósitos de evaluar el nivel de destreza, proporcionar retroalimentación para la formación, evaluar el progreso hacia un objetivo de destreza y de control de calidad.
13. Un método para calificar operaciones de soldadura, caracterizado por utilizar el sistema de una de las reivindicaciones precedentes.



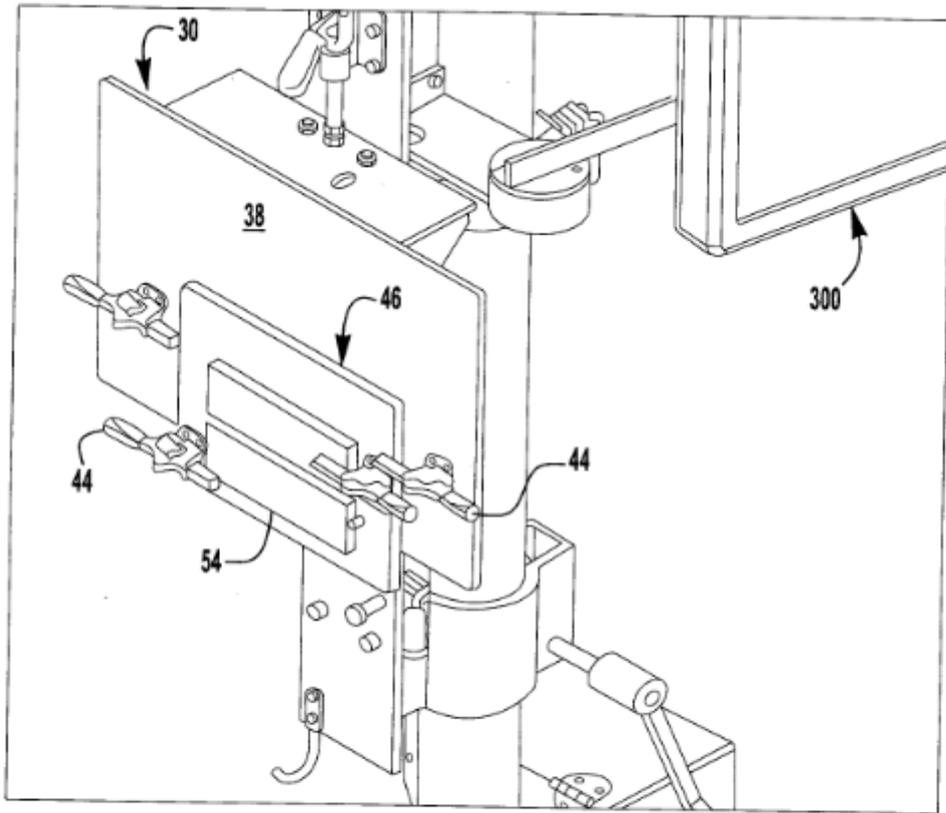
**FIG. 1**



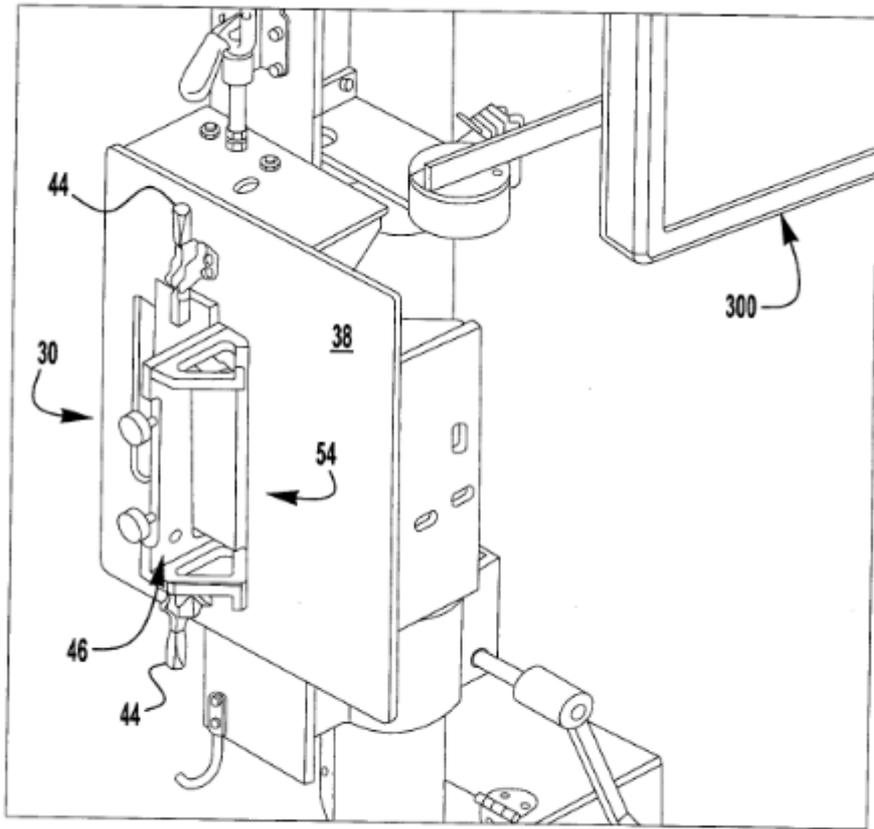
**FIG. 2**



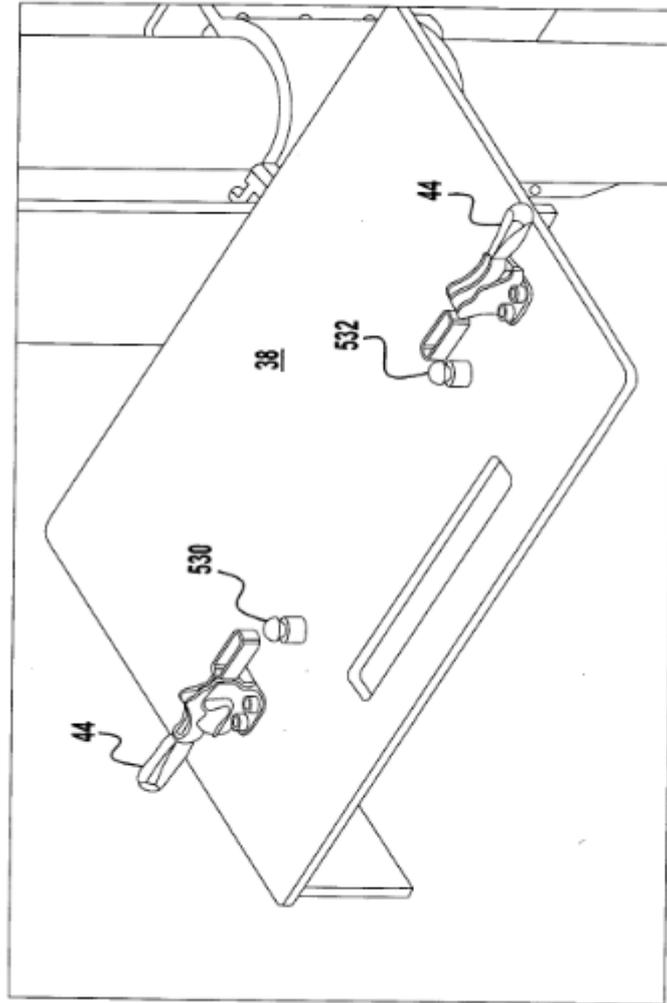
**FIG. 3**



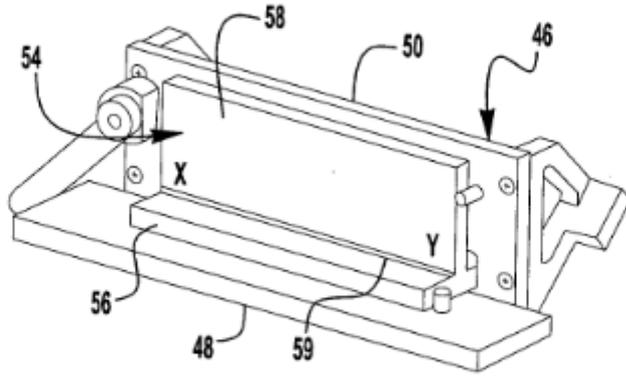
**FIG. 4**



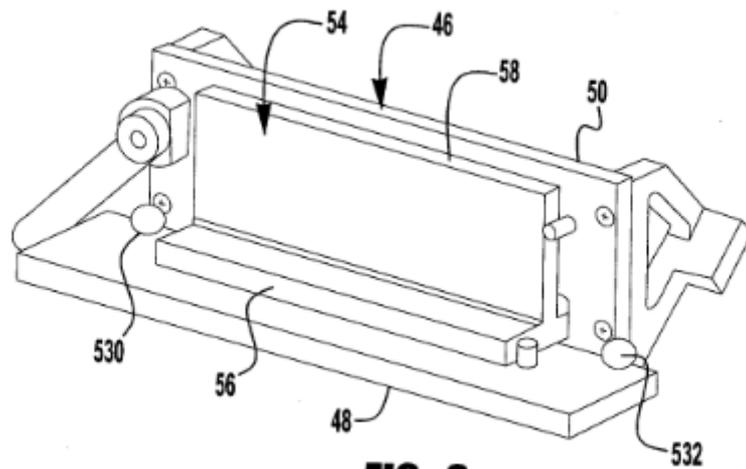
**FIG. 5**



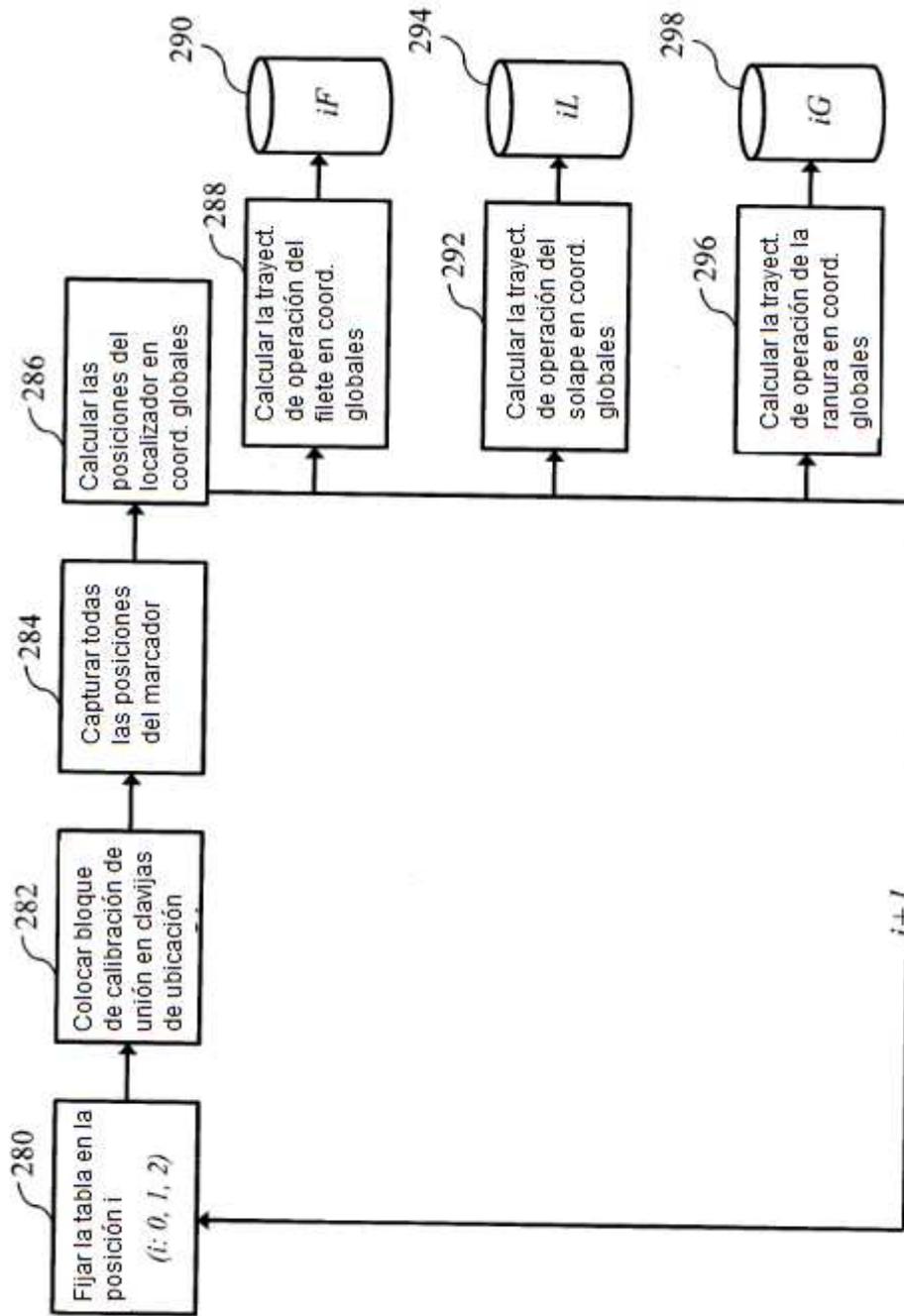
**FIG. 6**



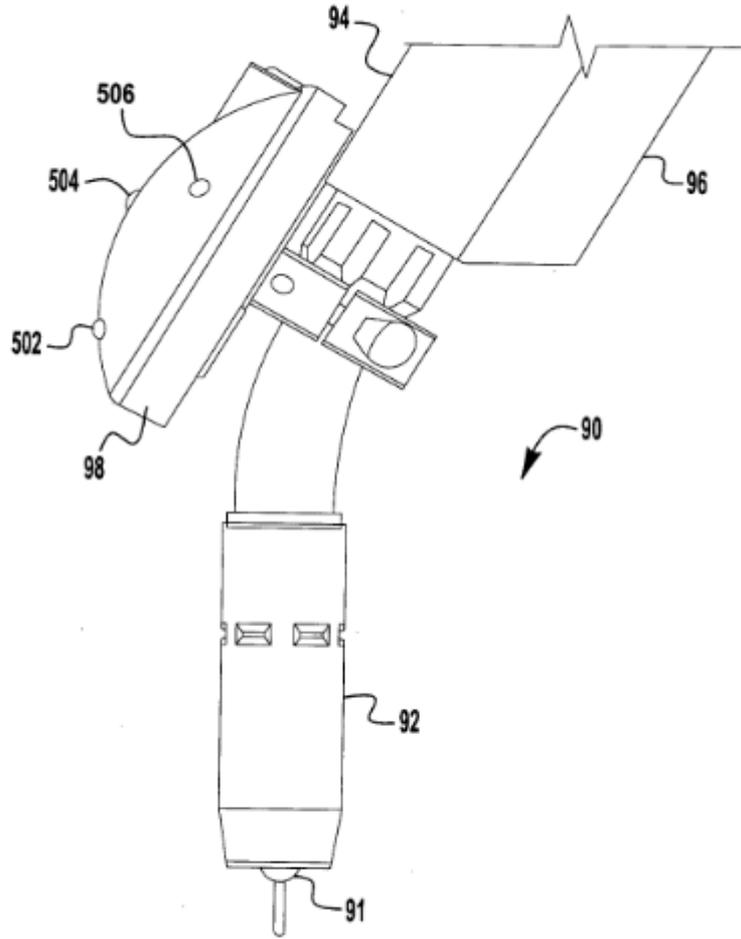
**FIG. 7**



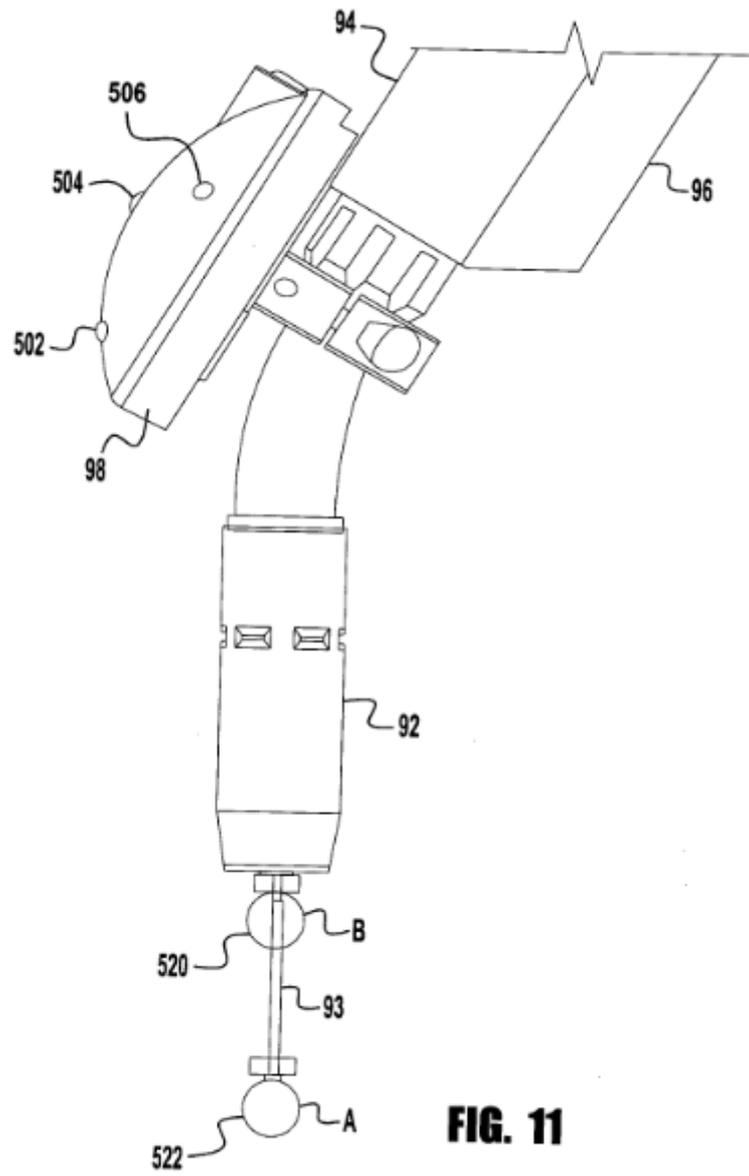
**FIG. 8**



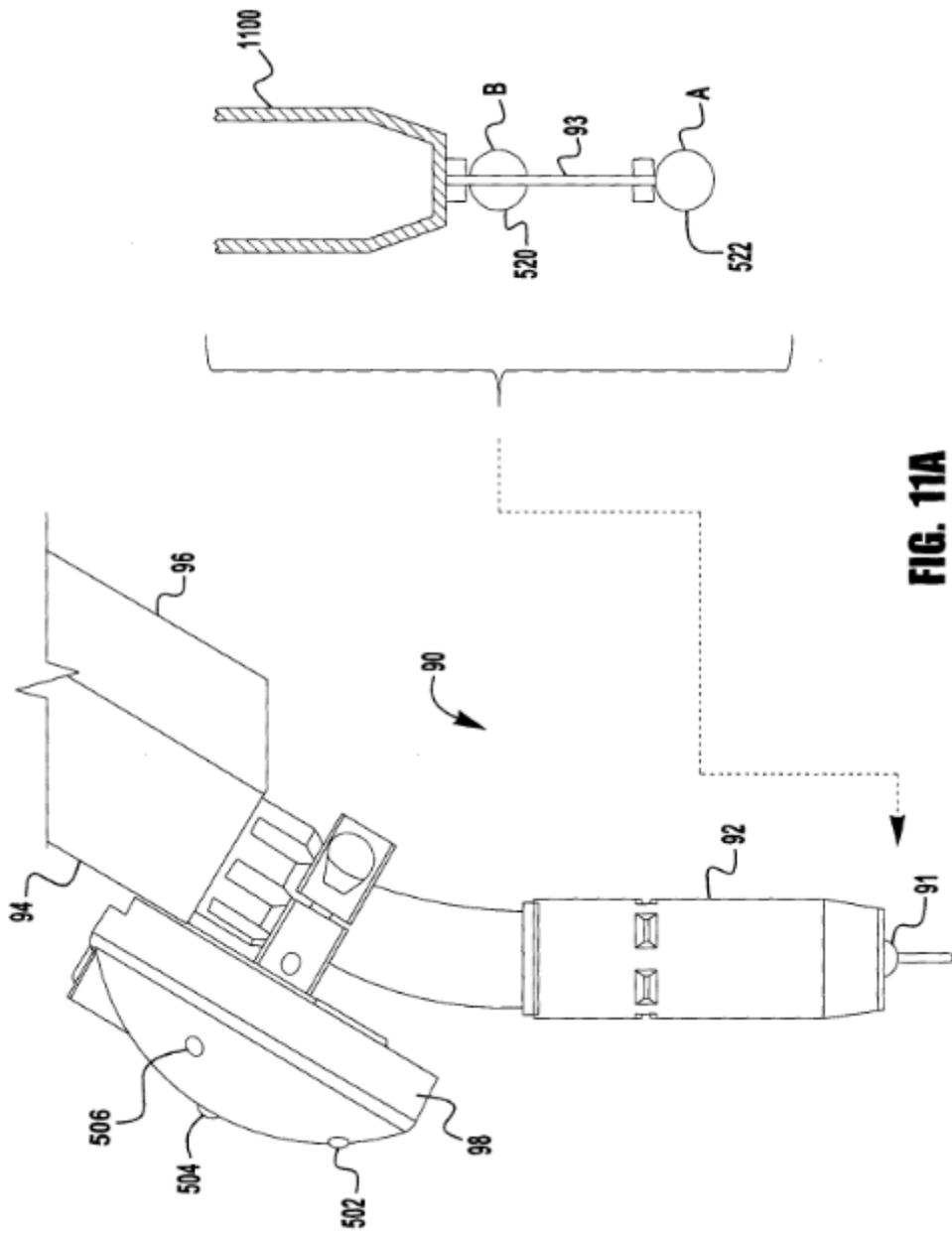
**FIG. 9**

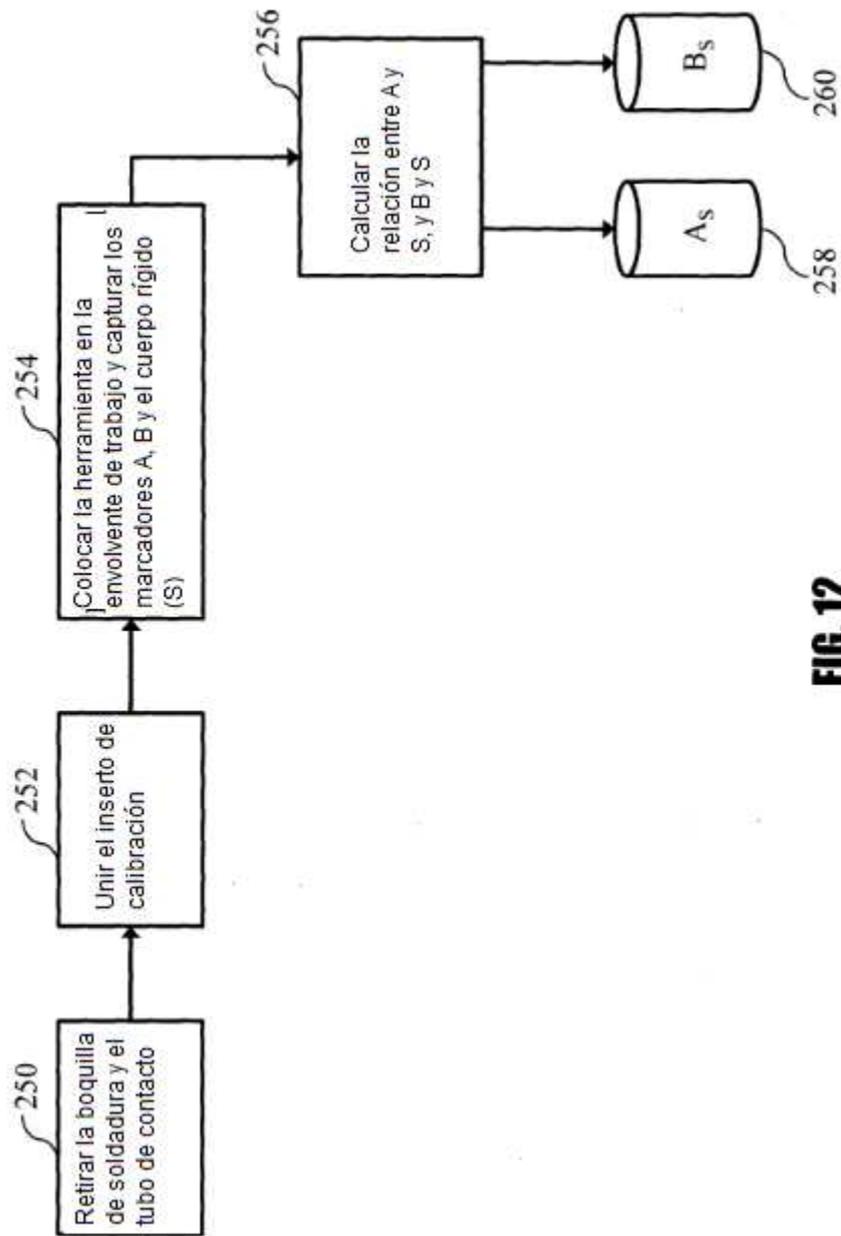


**FIG. 10**

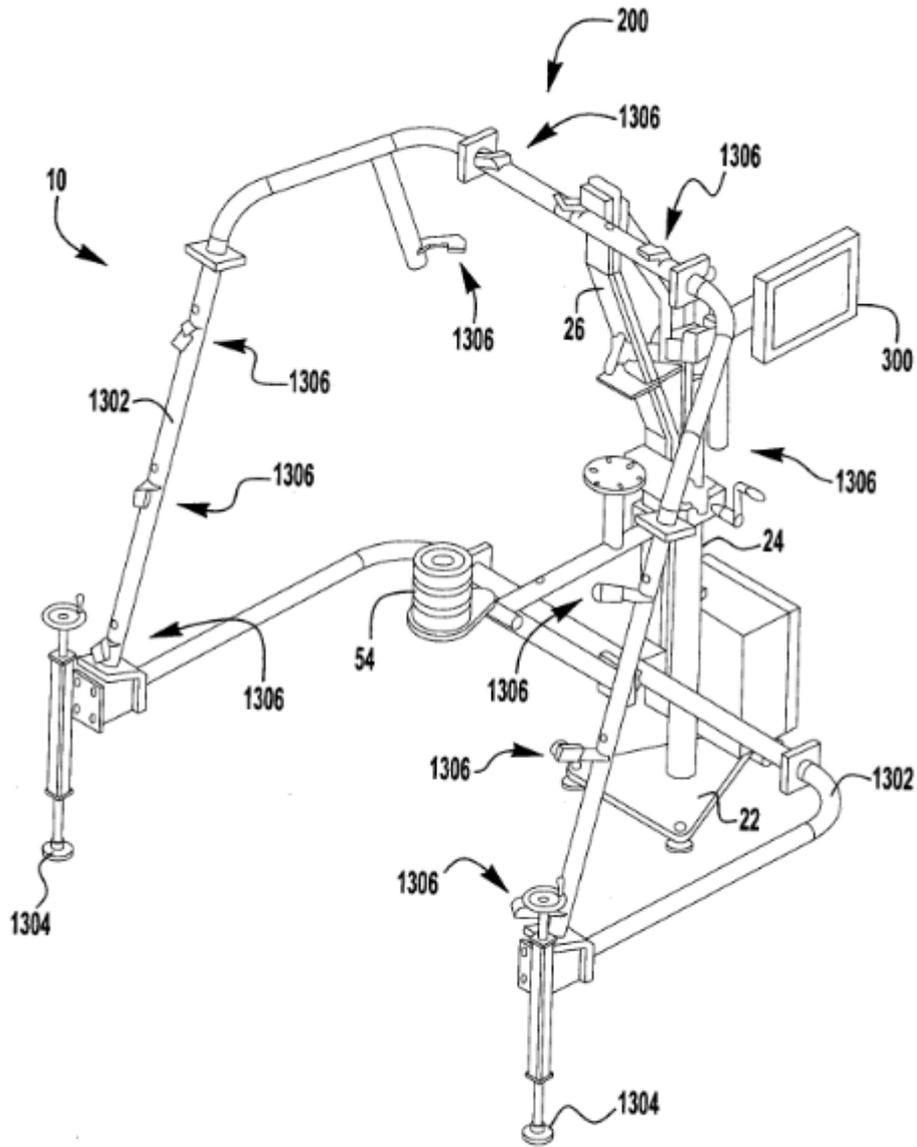


**FIG. 11**





**FIG. 12**



**FIG. 13**