



19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

11 Número de publicación: **2 265 317**

51 Int. Cl.:
B21D 11/00 (2006.01)
B21D 7/12 (2006.01)
B21D 9/05 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Número de solicitud europea: **00119679 .9**
86 Fecha de presentación : **08.09.2000**
87 Número de publicación de la solicitud: **1086760**
87 Fecha de publicación de la solicitud: **28.03.2001**

54 Título: **Máquina curvadora automática de tubos y método de curvado de tubos.**

30 Prioridad: **21.09.1999 US 400560**

45 Fecha de publicación de la mención BOPI:
16.02.2007

45 Fecha de la publicación del folleto de la patente:
16.02.2007

73 Titular/es:
CRC-EVANS PIPELINE INTERNATIONAL, Inc.
11601 N. Houston-Rosslyn Road
Houston, Texas 77086, US

72 Inventor/es: **Lewis, Donald E.**

74 Agente: **Carvajal y Urquijo, Isabel**

ES 2 265 317 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

Máquina curvadora automática de tubos y método de curvado de tubos.

Campo técnico de la invención

La presente invención está relacionada en general con un aparato curvador de tubos, de acuerdo con el preámbulo de la reivindicación 1, y más en particular con un equipo para la conformación de dobleces en tubos de gran diámetro, tal como del tipo utilizado con las tuberías que transportan productos petroquímicos y similares. La invención está relacionada también con un método para el doblado de un tubo de acuerdo con el preámbulo de la reivindicación 10.

Antecedentes de la invención

Existe una red de tuberías a través de una gran parte de los Estados Unidos para el transporte de varios tipos de combustibles tanto líquidos como gaseosos. Las tuberías constituyen en general unas secciones de un diámetro grande de 12 metros, y de 56-91 centímetros, que están soldadas conjuntamente, y enterradas bajo tierra. Por supuesto, las tuberías siguen el contorno en general del la Tierra. El recorrido de la tubería puede estar desviado o por el contrario enrutado alrededor de obstáculos.

El mayor desafío a la industria de las tuberías es la unión de los extremos de las tuberías individuales con una soldadura de alta calidad, para asegurar la integridad robusta de las tuberías unidas, así como también evitar puntos nulos o débiles en la junta que podrían dar lugar a fugas posteriormente. Así pues, en lugar de conformar juntas soldadas en las tuberías para formar ángulos, las tuberías se doblan en sí mismas para poder seguir el contorno de la Tierra y poder salvar cualquier obstáculo en el recorrido de la tubería. Mediante el doblamiento de las tuberías en lugar de formar juntas soldadas en ángulo, se minimiza el número de soldaduras y se mejora la fiabilidad de las tuberías.

Debido al tamaño de las tuberías que se curvan, el equipo de curvado de tuberías es masivo en general en su naturaleza y siendo operado en forma hidráulica. El movimiento de la tubería dentro del equipo de curvado de la tubería, así como también el aparato para el agarre de la tubería y la formación de una curvatura en la misma, se opera de forma hidráulica bajo el control de un operador. Dichas máquinas curvadoras de tuberías y los aparatos correspondientes se encuentran expuestas en la patente de los Estados Unidos número 5092150 de Cunningham, que se basa en los preámbulos de las reivindicaciones 1 y 10; las patentes de los EE.UU.: números 3834210 y 3851519.

Tal como es costumbre en las tuberías de gran diámetro, la curvatura en cada tubería se realiza mediante la realización de numerosas curvaturas pequeñas, separadas entre sí. Con dichos sistemas de curvatura de la tubería, el operador tiene el control total del número de curvaturas incrementales a realizar, y también la separación entre las curvaturas incrementales, así como también la longitud de cada curvatura incremental en la tubería. Los operadores experimentados pueden controlar eficientemente los sistemas de curvatura de las tuberías para formar curvaturas precisas en las tuberías y minimizar las tuberías dañadas o sobrecurvadas, que pueden dar lugar a una pérdida de tiempo y la pérdida de la propia tubería. Cuando el operado obtiene una línea base de información de la curvatura de la tubería, basándose en el tipo en particular de la tubería tratada, el operador puede manipular los controles

manuales en un intento de repetir varias curvaturas incrementales, de forma que cada curvatura sea idéntica. Aunque la repetibilidad de la formación de varias curvaturas es posible hasta un cierto punto, pueden tener lugar errores y diferencias con frecuencia debido a la experiencia del operador, a la fatiga, condiciones medioambientales, etc.

La patente de los EE.UU. número 5862697 de Webster, expone un aparato de curvado de tuberías para el doblado de tuberías de pequeño diámetro. Dichas tuberías son más pequeñas que las tuberías de 56-91 centímetros de diámetro, para el curvado en sistemas de tuberías de distribución de combustibles de tipo líquido y gaseoso. Las tuberías para la distribución de combustibles tienen que curvarse utilizando medios hidráulicos, ya que las fuerzas generadas por los motores eléctricos utilizados en la patente de Webster son insuficientes.

Puede observarse a partir de lo expuesto anteriormente que existe una necesidad de un sistema de curvatura de tuberías automatizado que esté controlado por un procesador programado, para formar curvaturas incrementales con un alto grado de repetibilidad y precisión. Existe una necesidad adicional de un procesador programado y el equipo asociado que pueda instalarse fácilmente en un sistema existente, para automatizar por tanto la operación de dicho equipo. Existe otra necesidad de un sistema programado de bajo costo que mejore la repetibilidad y la calidad de las curvaturas de la tubería.

Sumario de la invención

Esta invención está relacionada con un aparato para realizar curvaturas en una tubería, según la reivindicación 1, y con método de realizar curvaturas en una tubería según la reivindicación 10.

De acuerdo con la invención, se expone un sistema de curvado de tuberías, el cual está controlado por un procesador programado, de forma que se faciliten la calidad y la repetibilidad de las curvaturas.

De acuerdo con la invención, se controlan un cilindro hidráulico de agarre y un cilindro hidráulico de contrapieza rígida, mediante un procesador programado. El sensor que detecta la amplitud de la curvatura en la tubería proporciona información al procesador programado. Otros datos almacenados en la memoria del procesador incluyen el ángulo de cada curvatura, incluyendo la cantidad de recuperación elástica, el número de curvaturas a formar en la tubería, y la distancia entre cada curvatura incremental. En consecuencia, cuando el operador inicia un ciclo de curvado, el procesador activa automáticamente el cilindro hidráulico de contrapieza rígida, para moverse y posicionar por tanto la tubería en una posición nivelada. El cilindro hidráulico de agarre se activa para amordazar un extremo de la tubería en posición. A continuación, el procesador activa de nuevo el cilindro hidráulico de contrapieza rígida para desplazarse, y curvar así la tubería en un ángulo predefinido, según lo medido por los sensores de detección del ángulo. Cuando se alcanza el ángulo apropiado, el procesador permite que se libere la presión hidráulica en el cilindro de la contrapieza rígida, haciendo descender por tanto la contrapieza rígida a su posición baja total. así mismo, la mordaza de agarre se desplaza para liberar su agarre sobre la tubería. A continuación, el procesador controla unos rodillos motrices para agarrar la tubería y moverla axialmente a una cierta distancia, en el sistema de curvado de la tubería, según lo medido

por un codificador que transmite señales digitales al procesador. Al desplazarse una distancia predefinida, los rodillos motrices se detienen, por lo cual el procesador comienza a controlar el aparato, para formar otra curvatura incremental en la tubería. El número de curvaturas incrementales formadas en la tubería están preprogramadas, y por tanto el procesador avanza a través de cada operación de curvado incremental hasta su terminación.

Debido a la utilización de varios sensores y datos de realimentación, el procesador preprogramado puede controlar el sistema de curvaturas de la tubería, para formar curvaturas altamente precisas sobre una base repetible.

Breve descripción de los dibujos.

Las características y ventajas llegarán a ser evidentes a partir de la siguiente descripción en particular de lo que se expone a continuación, y más particularmente con la descripción de la realización preferida de la invención, según se muestra en los dibujos adjuntos, en los cuales los caracteres de referencia iguales se refieren generalmente a las mismas partes de las vistas, en las cuales:

la figura 1a es una vista lateral de un sistema de curvado de tuberías que puede ser adaptado para la curvatura automática de secciones de la tubería;

la figura 1b es una vista lateral del aparato de curvado de tuberías de la figura 1a, mostrando la operación de la colocación de una curvatura en la tubería;

la figura 2 es un diagrama del sistema de curvado de tuberías que muestra unos rodillos motrices para desplazar la tubería dentro del sistema de curvatura de las tuberías;

la figura 3 es una vista de una consola de control utilizada como una interfaz de operador para un procesador programado;

la figura 4 muestra esquemáticamente los distintos sensores y equipamientos para formar un sistema de control que sea operado por el procesador programado; y

las figuras 5 y 6 constituyen un diagrama de flujo que describe las operaciones programadas del procesador.

Descripción detallada de la invención

La figura 1a muestra una máquina curvadora de tuberías convencional 10 adaptada para la conformación de curvas en una tubería de gran diámetro, de forma tal que las tuberías 12 tengan preferiblemente unos diámetros entre 56-91 centímetros, así como también otros diámetros de tuberías. La máquina curvadora de tuberías 10 puede acomodar tuberías 12 de una longitud estándar, las cuales en la industria tienen aproximadamente 12 metros. Las tuberías más largas, por supuesto, pueden ser tratadas en la máquina curvadora de tuberías 10. En general, el sistema de curvado de tuberías 10 incluye un bastidor de alta resistencia en el cual se encuentran anclados los distintos componentes contra el movimiento relativo. El bastidor del sistema de curvado de tuberías 10 tiene recorridos con ruedas para la transportabilidad.

Los componentes principales de la máquina curvadora de tuberías 10 incluyen una matriz de curvado 14 que tiene un fondo curvado y una superficie cóncava contra la cual se presiona la tubería 12 durante la operación de curvado. La matriz de curvado 14 es estacionaria con respecto al bastidor general. Tal como puede observarse en la figura 1a, la matriz de curvado 14 está acoplada en la superficie superior de la tubería

12. Aunque no se muestra, la tubería 12 está soportada sobre su superficie inferior (debajo de la matriz de curvado) por una matriz segmentada de cuatro secciones. La matriz segmentada está operada hidráulicamente para presionar la tubería 12 contra la matriz de curvado 14, de forma que la tubería no se deforma en el curvado durante la operación de curvado. La matriz segmentada está operada hidráulicamente por los mismos controles que provocan el accionamiento de la zapata de agarre 18.

La contrapieza rígida 16 cubre la tubería 12, y es movable alrededor de un eje horizontal para mover un extremo de la tubería 12 hacia arriba, con el fin de curvar la tubería alrededor de la matriz de curvado 14. Otros aparatos amordazan hidráulicamente la tubería en el extremo de la contrapieza rígida de la tubería 12. La matriz de curvado 14 y la contrapieza rígida 16 operan en conjunción con un mandril 20 de curvado de tubería interno. El mandril 20 es una estructura rígida pero articulada que permite que la tubería 12 pueda curvarse sin agrietamiento o bien cualquier otra deformación interna de naturaleza circular de la tubería en la curvatura. Los mandriles internos 20 son bien conocidos en el arte.

Tal como se ha expuesto anteriormente, la contrapieza rígida 16 es operada por una presión hidráulica para forzar un extremo de la tubería 12 hacia arriba, mientras que el resto de la tubería 12 permanece en una posición fija. El resto de la tubería 12 está fijada por la utilización de una zapata de agarre 18. La zapata de agarre 18 rodea la tubería 12 y es operada hidráulicamente por un cilindro 19, para moverse inicialmente en conjunción para amordazar la tubería en la posición fija, y subsiguientemente para ser liberada de forma que la tubería 12 pueda moverse axialmente para establecer otra localización para formar una curvatura incremental en la tubería 12.

La figura 1b muestra la contrapieza rígida 16 que pivota en la dirección de la flecha 21 para formar una curvatura en la tubería 12 alrededor de la superficie curvada en la matriz de curvado 14. Cada tubería está doblada individualmente en general en un punto específico en la tubería, con un ángulo específico. Cada curvado situado en la tubería 12 por el curvador de tuberías 10 está limitado a un cierto número de grados para evitar el poder dañar la tubería 12. Las máquinas curvadoras de tuberías puede formar generalmente curvados de un grado o inferior durante una única operación de curvado. Así pues, si se precisa una curvatura mayor en una tubería específica 12 que la que sería posible con una única operación de curvado, la tubería 12 tiene que soportar un número de operaciones de curvado incrementales, separadas entre sí a través de una distancia específica. En consecuencia, si una tubería tuviera que curvarse con un total de cinco grados, entonces la tubería tendría que soportar cinco operaciones de curvatura incrementales, en donde cada una sería efectiva para curvar la tubería en cinco grados. Este ejemplo no considera la recuperación elástica que puede ser característico de la tubería. Este aspecto de la operación del curvado se expondrá a continuación.

Pueden utilizarse un torno 22 y un cable en ciertos casos para mover la tubería 12. El extremo del cable 24 está equipado con un gancho 26 el cual al acoplarse en el borde de la tubería 12 será efectivo para mover la tubería 12 axialmente.

Según se ha expuesto anteriormente, la tubería 12

se mueve axialmente una distancia específica entre cada curvado incremental. La figura 2 muestra el aparato para el movimiento axial de la tubería 12 con respecto a la curvadora de tubería 10 mostrada en las figuras 1a y 1b. El aparato mostrado en la figura 2 se describe con detalle en la patente de los EE.UU. número 5092150, de Cunningham. La tubería 12 se mueve axialmente mediante un conjunto o más de rodillos motrices, que se acoplan a la tubería 12 para el movimiento de la misma. El mecanismo 28 de transporte de la tubería incluye un primer rodillo motriz 30 montado en la curvadora de tuberías 10 en la parte frontal de la contrapieza rígida 16. El rodillo 30 se ha hecho girar por un motor hidráulico 36 reversible. El motor 36 permite que el rodillo 30 pueda girar en cualquier dirección utilizando la fuente de potencia hidráulica de la máquina curvadora de tuberías 10. Se encuentra montado un segundo rodillo accionado 32 en la máquina curvadora de tuberías 10 entre la contrapieza rígida 16 y la zapata de agarre 18. El motor hidráulico reversible 36 está también asociado con el segundo rodillo accionado 32. Preferiblemente, ambos motores hidráulicos 36 acoplados a los respectivos rodillos 30 y 32 están acoplados al mismo sistema de control, de forma que los rodillos girarán en la misma dirección y a la misma velocidad.

El rodillo de retención 34 incluye un eje trasversal 38, el cual pivota a través del ancho de la curvadora de tuberías 10, preferiblemente cerca del torno 22. Cada rodillo de retención 34 puede pivotar debajo de un cilindro hidráulico de doble acción, para amordazar el rodillo a la tubería 12, y liberar el rodillo. La cooperación entre el rodillo de retención 34 y el rodillo accionado 30, proporciona un acoplamiento de posición sin deslizamiento con la tubería 12 para conseguir un movimiento axial de precisión.

De acuerdo con una característica adicional de la invención, se encuentra montado un codificador (no mostrado en la figura 2) al menos en uno de los motores hidráulicos de los rodillos motorizados 30 ó 32 (o en ambos) para proporcionar una señal eléctrica correspondiente con la distancia lineal que tenga que desplazarse la tubería 12. El codificador puede ser montado alternativamente en cualquiera de los rodillos seguidores que contactan con la tubería 12. De esta forma, la distancia entre cada curvado incremental en la tubería puede estar controlada con precisión mediante un procesador programado, en lugar de confiar en las marcas hechas en la tubería 12 y en juicio realizado por el personal operativo.

De acuerdo con una característica adicional de la invención, la máquina curvadora 10 está automatizada de forma que se reduzca la necesidad de evaluaciones humanas en la operación de la curvadora de la tubería 10. Se observará que se conocen muchos otros tipos distintos de formas de curvadoras de tuberías en este campo, y que pueden ser instalados con el equipo automatizado de la invención. Las figuras 3 y 4 muestran los componentes principales del aparato utilizado en la realización preferida de la invención. Con respecto a la figura 3, se muestra un panel de control 40 para su utilización por un operador de la curvadora de tuberías 10, y controlar por otra parte la operación de curvado automático de acuerdo con la invención. El panel de control 40 tiene varios controles para operar la curvadora de tuberías 10 en cualquier modo manual o modo automático bajo el control de un procesador. Puede ser activado un conmutador 42 para situar el

sistema de control en cualquier modo manual o automático. El conmutador 44 puede ser activado para detener la curvadora de tuberías 10 mientras que se encuentra en un ciclo de curvado. El botón pulsador 46 de parada de emergencia puede operarse para retirar la alimentación eléctrica del sistema completo y por tanto para detener la operación de cualquier equipo de curvado de tuberías. El ciclo de curvado automático puede ser iniciado por la activación del conmutador 48 de "ciclo de curvado". Al ser operado, se iluminará una luz verde en el conmutador 48. La zapata de agarre 18 puede ser activada manualmente por un conmutador 50 de dos posiciones. La zapata de agarre 18 puede moverse hasta una posición para amordazar la tubería en una posición fija, o hasta una posición baja para liberar la zapata de agarre 18 de la tubería 12. La contrapieza rígida 16 puede ser operada hasta una posición superior en una posición inferior por la activación de un conmutador 52 del tipo de palanca móvil. La tubería 12 puede moverse axialmente por el uso de rodillos de agarre 34 y por rodillos accionados 30, tal como se comentó anteriormente. Los rodillos de agarre 34 pueden fabricarse para amordazar la tubería 12, o liberándose por la activación del conmutador 54. El conmutador 56 de palanca móvil activa los motores hidráulicos que hacen girar los rodillos accionados 30, para mover por tanto la tubería en una dirección, o la opuesta, para la colocación axial apropiada en el sistema de curvado de tuberías 10. Los conmutadores 52 u 56 de palanca móvil son del tipo que tienen un agarre de mano, y en donde la amplitud del movimiento de los controles de agarre controlan la velocidad de los objetos controlados.

El teclado 58 incluye varias teclas táctiles para introducir datos en el procesador programado. La pantalla 60 proporciona al operador del sistema de control varias instrucciones, invitaciones, o datos que visualizan varios parámetros opcionales del sistema 10 de curvado de tuberías. El panel de control 40 está acoplado eléctricamente a través de una interfaz a un procesador 70, mostrado en la figura 4.

La figura 4 ilustra esquemáticamente los distintos componentes del sistema 72 de curvado de tuberías construido de acuerdo con la realización preferida de la invención. La zapata de agarre 18 está operada hidráulicamente mediante un cilindro 74 hidráulico de acción doble. Las mangueras hidráulicas de entrada y salida no se muestran. La válvula de solenoide 76 está asociada con el cilindro 74 hidráulico de agarre para controlar el fluido hidráulico presurizado aplicado al cilindro 74. La válvula de solenoide es del tipo que puede controlar el fluido hidráulico con el fin de ser aplicado al cilindro 74, liberándose del cilindro 74, y colocándose en una posición de desacople. Cuando la válvula de solenoide 76 está operada eléctricamente por medio de una interfaz de salida 77, la fuente de fluido hidráulico presurizado (no mostrado) se aplica al cilindro de agarre 74. La magnitud de la presión hidráulica experimentada por el cilindro de agarre 74 se mide mediante un transductor de presión 78. La salida eléctrica del transductor de presión, que corresponde a la magnitud de la presión hidráulica, está acoplada al procesador 72 por medio de una interfaz de entrada analógica 80. Cuando la válvula de solenoide 76 está controlada para que se abra en una posición, la presión hidráulica se aplica al cilindro de agarre 74, amordazando por tanto la zapata de agarre 18 a la tubería 12. Cuando se alcanza una presión hidráulica

ca predefinida, tal como la medida por el transductor 78, se acopla una señal al procesador 72. A la presión predeterminada, la válvula de solenoide 76 se coloca en la posición de desactivación por el procesador 72, manteniendo por tanto la zapata de agarre 18 amordazada a la tubería 12. Mediante la monitorización automática de la presión mediante la cual la zapata de agarre 18 se amordaza en la tubería 12, puede impedirse la deformación o daños indebidos en la tubería 12. Cuando la válvula de solenoide 7 se coloca en la otra posición, se libera el fluido hidráulico desde el cilindro 74, permitiendo que la zapata de agarre 18 sea liberada del acoplamiento con la tubería 12.

La estructura de la zapata de agarre 18 es de un diseño convencional, de forma tal que pueda amordazarse a la tubería 12, independientemente de la orientación inicial de la tubería. En la práctica, la zapata de agarre 18 se amordazará inicialmente en el extremo de la tubería, la cual en este instante está nivelada o bien horizontal sobre su longitud total. Después de la primera curvatura incremental, ambos extremos de la tubería 12 no se encuentran ya a nivel o bien en posición horizontal. En su lugar, en la operación de la máquina de curvado de tubería 10 en la cual se instala la invención, la contrapieza rígida de la tubería 12 se mantiene siempre en posición nivelada, mientras que el extremo de agarre de la tubería 12 se permite que se eleve por encima de la posición de nivelado. Después de cada curvado incremental, el extremo de agarre de la tubería 12 se eleva más alto para permitir que el extremo de la contrapieza rígida mantenga su orientación nivelada. En consecuencia, la zapata de agarre 18 está estructurada para agarrarse al extremo respectivo de la tubería en cualquier elevación que pueda presentarse, y mantener con precisión y firmeza dicha elevación durante la operación de curvado incremental.

La matriz de curvado 14 está situada entre la zapata de agarre 18 y la contrapieza rígida 16. La contrapieza rígida 16 está controlada por un cilindro 82 hidráulico de doble acción. De nuevo, las mangueras hidráulicas asociadas con el cilindro 82 de la contrapieza rígida no se muestran. Sin embargo, el fluido hidráulico presurizado acoplado al cilindro 82 de la contrapieza rígida está controlado por la válvula proporcional 84. Tal como es bien conocido, la amplitud en la cual se abre o se cierra la válvula proporcional 84, determina el volumen del fluido presurizado acoplado a su través. Con esta configuración, la velocidad o tasa de movimiento del pistón hidráulico del cilindro 82 puede ser controlada. Tal como se describirá con más detalle más adelante, la velocidad del movimiento de la contrapieza rígida 16 se controla de acuerdo con un perfil estándar, con el fin de maximizar el rendimiento de la operación de curvado, en términos del tiempo requerido para mover la contrapieza 16, así como también para reducir el desgaste en el equipo, debido a los movimientos bruscos de arranque y parada. La válvula proporcional 84 está controlada eléctricamente a través de una interfaz 86 de salida analógica. La amplitud del movimiento de la contrapieza rígida 16 está monitorizada y medida por un transductor de posición 88. En la forma preferida de la invención, el transductor de posición 88 constituye un transductor de posición de extensión del cable identificado como modelo P8510, disponible a través de Celesco, Canoga Park, California. El cuerpo del transductor de posición 88 es fijo, pero el

cable 90 está conectado a la contrapieza rígida 16. En consecuencia, cuando la contrapieza rígida 16 se hace que se mueva hacia arriba o hacia abajo, el cable 90 se extenderá o ser recogerá en el transductor de posición 88. La extensión o la retracción del cable 90 se mide por el transductor 88, y es directamente proporcional a la posición pivotal de la contrapieza rígida 16. La salida del transductor de posición 88 es una señal analógica acoplada en la línea 92 en la interfaz 80 de entrada analógica. Tal como puede observarse, la posición de la contrapieza rígida 16 es directamente proporcional a la extensión de una curvatura formada en la tubería 12. De igual forma, la posición de la contrapieza rígida 16, y por tanto el ángulo de la tubería, se mide por el transductor de posición 88. La señal del transductor de posición 88 está acoplada al procesador 72, a través de la interfaz 80 de la entrada analógica. El procesador 72 correlaciona la entrada de datos por el transductor 88 de posición del cable, con la información del ángulo suministrada por los inclinómetros 102 y 104. En otras palabras, el procesador 72 puede determinar la longitud del cable 90, como resultado de la elevación de la contrapieza rígida 16, con el fin de conseguir el ángulo de curvado resultante deseado. A continuación, el procesador 72 solo necesita elevar la contrapieza rígida 16 en la misma magnitud, con el fin de asegurar que se conseguirá el mismo ángulo de curvatura. El transductor de posición del cable 88 es altamente preciso, es decir, 0,15 al 0,18 por ciento para una carrera completa. En caso de ser conocidos por adelantado por parte del operador, estos datos pueden ser introducidos a través del teclado 58, y almacenándose en el ordenador sin llevar a cabo ninguna curvatura inicial en la tubería 12. Alternativamente, los parámetros pueden ser cargados en la memoria del procesador mediante una rutina de utilidad que lea los datos de un disco flexible o los datos recibidos por medio de un enlace de datos.

Tal como se ha observado anteriormente, el movimiento lineal de la tubería 12 está controlado por los rodillos motrices 30 y 32 (figura 2). El codificador 94 está acoplado directamente al motor 36 de los rodillos motrices (o bien otro rodillo de contacto) para detectar el movimiento angular de los mismos. La rotación angular del eje del motor 36 es directamente proporcional al movimiento angular del rodillo 30. El codificador 94 es de un diseño estándar, para convertir los movimientos angulares del motor en los impulsos digitales correspondientes. Por ejemplo, para un movimiento angular de un grado, el codificador 94 daría salida a 100 impulsos digitales. Para los movimientos angulares inferiores a un grado, se daría salida a un número inferior correspondiente de impulsos. La salida del codificador 94 acopla los impulsos digitales en una línea digital 96 a la interfaz de entrada analógica 98. El procesador 72 está programado para contar el número de impulsos digitales del codificador 94 y convertir dicho número en una distancia lineal que hubiera recorrido la tubería 12 en una dirección axial. La válvula proporcional 100 es operativa para controlar hidráulicamente la velocidad y la dirección del motor 36, el cual acciona el rodillo 30. La válvula proporcional 100 está controlada por la interfaz de salida analógica 86.

La información concerniente a la orientación angular de la tubería 12 es necesaria con el fin de determinar el ángulo exacto formado como resultado de cada curvatura incremental, así como también el cur-

vado angular total cuando se complete la operación de curvado. Se utilizan un par de inclinómetros en cada extremo de la tubería 12 para determinar la orientación angular de la misma. El primer inclinómetro 102 está fijado al extremo de la tubería 12 que se mantiene en una orientación fija mediante la zapata de agarre 18. El segundo inclinómetro 104 está fijado en el extremo de la tubería soportada por la contrapieza rígida 16. En la forma preferida de la invención, los inclinómetros 102 y 104 están fijados a los extremos respectivos de la tubería 12 mediante imanes permanentes. Cada inclinómetro 102 y 104 transmiten información angular al receptor 106. El sistema de los inclinómetros puede ser del tipo expuesto en la patente de los EE.UU. número 4649726 de Trammell y otros.

El ángulo formado entre los extremos de la tubería 12, si existiera, se muestra visualizado en una pantalla incorporada en el receptor 106 en donde se observa que el receptor del inclinómetro 106 se utilizará para proporcionar información del ángulo al procesador 72 por medio de una línea hasta la interfaz de entrada analógica. La línea se muestra en línea de trazos en la figura 4. El procesador 72 puede ser programado para calcular la diferencia en las lecturas de los inclinómetros, para determinar el ángulo instantáneo mediante el cual la tubería 12 se haya curvado o bien se haya deformado. No obstante, sin un enlace de comunicación entre el receptor 106 del inclinómetro y el procesador 72, el operador calculará visualmente la amplitud de la curvatura y el receptor 106 durante la banda incremental inicial. Se describe más adelante la técnica mediante la cual se correlaciona el ángulo de curvado real con la extensión del cable del transductor 88 de posición del cable.

Tal como puede verse en la figura 4, el procesador 72 está acoplado a las distintas interfaces digitales y analógicas, y por medio de la consola 40 del operador. Por supuesto, se utiliza una fuente de alimentación 110 para alimentar eléctricamente el equipo eléctrico necesario para operar y controlar el sistema de curvado de tuberías 70.

El procesador 72 es de un tipo de propósito general, tal como un controlador lógico programable, de la serie SLC500, disponible a través de Allen-Bradley. El procesador 72 está programado para llevar a cabo las operaciones mostradas en el diagrama de flujo de las figuras 5 y 6.

En algunos casos, el operador del sistema 70 de curvado de tuberías tiene que emprender una primera curvatura incremental, con el fin de determinar varios parámetros de la tubería. Por ejemplo, si no se conoce por adelantado, el operador tiene que determinar la extensión de la recuperación elástica del tipo en particular de tubería. La recuperación elástica de la tubería es la cantidad de curvado angular más allá de la cual la tubería tiene que ser curvada de forma que la tubería sea liberada, permaneciendo una curvatura del ángulo deseado. Por ejemplo, si se desea curvar incrementalmente una tubería de $\frac{1}{4}$ " m y la tubería tiene una característica de recuperación elástica inherente de $\frac{1}{4}$ ", entonces puede ser necesario que la tubería se curve con un ángulo de $\frac{1}{2}$ ", de forma que cuando se libere la tubería, retorne a $\frac{1}{4}$ " hacia el estado de reposo. En consecuencia, la curvatura de $\frac{1}{4}$ " permanecerá en la tubería después de la operación de curvado.

Con el fin de cargar inicialmente la tubería 12 en la máquina 70 de curvado de tuberías, así como también para determinar la amplitud de la recuperación

elástica y de otros parámetros, el operador configura la consola de control en el modo manual, según lo determinado por la posición del conmutador 42. En el modo manual, la tubería 12 se inserta horizontalmente a través de la zapata de agarre 18, hasta que el extremo frontal de la tubería se apoye totalmente en la contrapieza rígida 16. El mandril interno 20 es accionado entonces al interior de la tubería hasta que coincida con respecto a la matriz de curvado 14. El mandril 20 puede desplazarse y situarse de la forma descrita en la patente de los EE.UU. número 5651638 de Heggerud. Los inclinómetros angulares 102 y 104 se fijan entonces a las superficies superiores de la tubería 12. Los rodillos de agarre 34 se operan entonces para acoplar la tubería 12 mediante la activación del conmutador 54. El operador del sistema 70 pasa a operar entonces el conmutador 56 de la palanca de la contrapieza rígida 16 hasta que la tubería 12 esté nivelada, y hasta que toque justamente el punto más inferior de la superficie inferior de la matriz de curvado 14. Cuando se llega a esta posición, el operador teclea la indicación del nivel en el teclado 58, por lo que el procesador 72 provoca la visualización de "tubería a cero". Además de ello, el procesador 72 almacena la posición del nivel en su memoria como una referencia para todas las curvaturas subsiguientes realizadas. En realidad, incluso aunque la tubería 12 en sí no esté a nivel exactamente con respecto a la gravedad, todas las curvaturas subsiguientes se realizarán con respecto a esta referencia distinta a cero, de forma que se realizarán las curvaturas precisas en la tubería 12. Un aspecto importante, una vez que se "nivela" la contrapieza rígida 16, es que permanecerá en dicha orientación y que todas las curvaturas subsiguientes se realizarán utilizando la orientación inicial de la contrapieza rígida.

A continuación, el operador eleva la zapata 18 de agarre para el acoplamiento con la tubería 12. Esta operación comienza cuando el operador acciona el conmutador 50 de agarre a la posición de "arriba", por lo que el cilindro hidráulico de agarre 74 opera para extender su pistón para amordazar la zapata 18 de agarre alrededor de la tubería 12. Esto constituye la posición inicial de la zapata 18 de agarre para iniciar cada curvado incremental de la tubería 12. La matriz segmentada opera simultáneamente con la zapata 18 de agarre, de forma que la matriz segmentada se acopla al fondo de la tubería 12, debajo de la matriz de curvado 14. Tal como se mencionó anteriormente, después de la curvatura incremental inicial, la posición de la zapata de agarre 18 será más alta en la forma correspondiente en cada curvado subsiguiente, hasta un punto máximo, en donde la tubería haya sido curvada con el ángulo deseado. Dicho de otra forma, si se tienen que realizar curvaturas de $\frac{1}{4}$ ", la zapata de agarre 18 se elevará a $\frac{1}{4}$ de grado en las curvaturas de segundo hasta de quinto orden. De esta forma, al inicio de cada curvado incremental, el extremo de la tubería 12 en la contrapieza rígida 16 estará nivelado. La extensión máxima por la cual se curvará una tubería constituye el "punto de ajuste máximo de curvado", que está relacionado con la posición elevada máxima de la contrapieza rígida 16, en la formación de un ángulo en la tubería, incluyendo cualquier recuperación elástica de la tubería 12. Esta puede ser también la posición máxima que se desplazará el cilindro 82 de la contrapieza rígida. El operador puede introducir también el punto de ajuste máximo de cur-

vado a través del teclado 58. Cuando intento de curvar la tubería 12 más allá del punto de ajuste máximo de curvado dará por resultado daños en la tubería.

Tal como se ha expuesto anteriormente, el mandril 20 se inserta dentro de la tubería 12, y se hace coincidir con respecto a la matriz de curvado 14. Después de cada curvado incremental, el mandril 20 se retrae radialmente hacia dentro, de forma que la tubería 12 pueda moverse axialmente por los rodillos motrices 30. A continuación, el mandril 20 se hace coincidir otra vez, se re-expande y se ajusta en la tubería 12 para el curvado incremental siguiente.

La tubería 12 soporta un curvado inicial por parte del operador desplazando la palanca 52 de la contrapieza rígida hasta la posición superior. El operador mantiene el conmutador 52 en dicha posición, hasta que el cilindro 82 de la contrapieza rígida desplaza la contrapieza rígida 16 hacia arriba, hasta que la tubería "llena" la superficie inferior cóncava de la matriz de curvado 14, es decir, hasta que la tubería 12 esté en contacto con la superficie de la matriz desde el centro de la matriz 14, hasta el borde frontal de la misma, y hasta que la pantalla del receptor del inclinómetro indique el ángulo de curvado definido, incluyendo cualquier recuperación elástica. De nuevo, la tubería 12 es forzada por la contrapieza rígida 16 hasta un ángulo tal que cuando la tubería recupera elásticamente a una posición de reposo, el ángulo deseado permanece en la tubería 12. Es importante que cuando se alcance la posición máxima hacia arriba de la contrapieza rígida 16, para conseguir el ángulo de curvado deseado, el operador tecleará en el teclado 58 una indicación al procesador 72 de que los datos de realimentación del transductor 86 de la posición del cable tienen que ser almacenados. Estos datos de realimentación generados por el transductor de posición del cable 88 están directamente relacionados con la posición pivotal de la contrapieza rígida 16 que genera el ángulo de curvado deseado. Posteriormente, cuando la contrapieza rígida 16 es pivotada a una posición que provoca que el transductor 88 dé salida a una señal de realimentación idéntica, es conocido que se conseguirá el mismo ángulo de curvado. A la vista de que se utilizan sensores y transductores de alta precisión, pueden conseguirse curvaturas altamente precisas y repetibles.

Una vez que la curvatura inicial se complete, el operador desciende la zapata de agarre 18, mediante la utilización de la posición inferior del conmutador 50 de agarre. A continuación, el operador desciende la contrapieza rígida 16 mediante la operación del conmutador 52 hasta la posición inferior. El mandril 20 se retrae entonces dentro de la tubería 12, de forma que dicha tubería pueda moverse axialmente.

Antes de mover la tubería 12 hasta la posición de curvado incremental subsiguiente, el operador puede verificar el ángulo presente formado en la tubería 12, utilizando los inclinómetros de ángulos 102, 104, y el receptor 106. Tal como se ha expuesto anteriormente, el receptor 106 incluye una presentación visual en sí para visualizar el ángulo formado dentro de la tubería 12. Además de ello, el procesador 72 puede ser programado para convertir los datos de realimentación del transductor de posición del cable en ángulos de curvatura, y visualizar los ángulos de curvatura resultantes con la pantalla 60 de la consola de control 40 del operador. Una tabla de correlación en forma de software sería eficaz para esta realización. Si la tubería 12 no está curvada con el ángulo de curvatura

adecuado, el operador puede curvar de nuevo la tubería 12 manualmente, mediante el acoplo de la zapata de agarre 18 y elevando la contrapieza rígida 16 más allá de su recorrido, para incrementar el ángulo de curvatura. Con el fin de llevar a cabo las curvaturas incrementales siguientes automáticamente, el operador introduce el ángulo de curvado apropiado, el cual incluye la recuperación elástica de la tubería 12, mediante la selección del menú de "introducir los grados", utilizando los botones pulsadores del teclado. A continuación, el operador puede introducir los grados reales por cada curvado incremental, utilizando la tecla de "retorno" del teclado 58. De una forma similar, el operador puede introducir el número de curvaturas a llevar a cabo, y la distancia lineal entre cada curvatura incremental.

Una vez que se haya introducido el curvado en curso en el procesador 72 por el operador y que se almacene en la memoria, el operador avanza la tubería 12 axialmente una distancia prescrita. Si la distancia entre las curvaturas incrementales es por ejemplo de 10 centímetros, entonces el operador encontrará el menú apropiado, introduciendo la distancia incremental entre las curvaturas a través del teclado 58. Tal como se expuso anteriormente, el ángulo en que se desplaza la contrapieza rígida 16, que corresponde al ángulo de curvado, queda detectado por el transductor 88 de posición del cable lineal, el cual proporciona unas señales correspondientes al procesador 72, de forma que la contrapieza rígida pueda moverse a una posición para conseguir el ángulo de curvatura deseado. El mandril 20 se reposiciona de nuevo y se expande para la siguiente operación de curvatura incremental. Lo anteriormente expuesto constituye las consideraciones iniciales para obtener información y parámetros de la tubería que se esté curvando, de forma que todas las curvaturas subsiguientes se lleven a cabo de la forma correspondiente. Tal como se ha expuesto anteriormente, por ejemplo, puede realizarse una curvatura de la tubería total de 5°, con varias curvaturas incrementales, en distintas posiciones en la tubería. Haciendo que sean uniformes cada una de las curvaturas incrementales, debido a la naturaleza automática de la invención, pueden realizarse curvaturas globales de alta precisión. Esto no solo reduce el número de tuberías que podrían estar dañadas, o bien que fueran sobrecurvadas o que fueran inutilizables, ya que la naturaleza automatizada del sistema de curvatura de tuberías 70 permite que las operaciones se lleven a cabo más rápidamente y de una forma más precisa.

Después de establecer los parámetros de curvatura de la tubería en esta primera curvatura incremental, todas las curvaturas subsiguientes de la tubería 12 pueden llevarse a cabo automáticamente bajo el control del procesador 72, llevando a cabo las instrucciones que realizan las funciones mostradas en los diagramas de flujo de las figuras 5 y 6.

Se comprenderá que las anteriores etapas pueden ser omitidas en gran parte, si los datos y parámetros correspondientes ya se conocen. En otras palabras, si se conocen dichos datos iniciales por el operador, la información puede ser introducida directamente en el ordenador por medio del teclado 58, y utilizados para llevar a cabo automáticamente la primera curvatura incremental, así como también las curvaturas incrementales restantes.

El diagrama de flujo 120 de las figuras 5 y 6 des-

cribe la operación automática del sistema 70 de curvado de tuberías, controlado por el procesador 72 programado. El ciclo de curvado automático se inicia por la pulsación del conmutador 48 por el operador. Esto se expresa en el diagrama de flujo del programa 122. En respuesta a ello, el procesador 72 proporciona una señal de salida para iluminar el piloto luminoso verde de "ciclo automático", según se expresa en el bloque 124 del diagrama de flujo del programa. El procesamiento avanza al bloque 126 del flujo del programa, en donde la contrapieza rígida 16 se desplaza automáticamente a la posición de nivel, según se determina por la curvatura incremental inicial. La contrapieza rígida 16 se desplaza a la posición de nivel por la operación automática del cilindro hidráulico de la contrapieza rígida frontal. La realimentación del transductor de posición del cable 88 proporciona información al procesador 72, de forma que el movimiento de la contrapieza rígida 16 pueda detenerse en la posición del nivel programado. El bloque 128 del diagrama de flujo del programa muestra la orden de salida del procesador 72, para operar el aparato valvular para mover el cilindro 82 de la contrapieza rígida frontal hasta la posición de nivel. La posición de nivel se visualiza en el procesador 72 en la pantalla 60, según se expresa en el bloque 130 del diagrama de flujo del programa. La lectura de la pantalla de "cero" indica una posición de nivel de la contrapieza rígida. En la forma preferida de la invención, el retardo 132 se interpone después de la operación de nivelado de la contrapieza rígida, para asegurar por tanto la terminación de la operación de la rutina, antes de avanzar a la siguiente rutina del software.

En el bloque 134 del flujo del programa, el procesador 72 acciona la válvula de solenoide 76 para permitir que la zapata de agarre 18 se desplace a una posición en la cual la tubería 12 quede amordazada firmemente. La presión aplicada por la zapata de agarre 18 a la tubería 12 se monitoriza por el transductor de presión 78 para asegurar un agarre efectivo que no produzca daños en la tubería 12. Según se ha expuesto anteriormente, el procesador 72 se ha programado para almacenar una presión predeterminada, que al llegar a la misma y ser detectada por el transductor 78, provoca que la válvula de solenoide 76 se cierre y pueda mantener por tanto la presión de amordazado de la tubería 12. El bloque de flujo del programa 136 muestra la salida eléctrica de la orden por el procesador 72, para llevar a cabo la presión de amordazado predeterminada en la tubería 12 por la zapata de agarre 18. En respuesta a esta orden, la matriz segmentada debajo de la tubería 12 se desplaza hacia arriba para retener la tubería contra la matriz de curvado 14. El bloque 138 del diagrama de flujo del programa muestra la realimentación del transductor de presión 78 al procesador 72 a través de la interfaz 80 de entrada analógica para monitorizar la presión hidráulica durante la operación de agarre del amordazado. En el bloque 140 del flujo del programa, el procesador 72 lee de la memoria los datos correspondientes a la presión de amordazado de agarre predeterminada. Esto permite al procesador 72 el comparar la presión de agarre en curso con los datos almacenados y detener la operación de amordazado cuando la presión de agarre en curso coincida con el procesador 72 en el bloque 140 del flujo del programa. La presión de agarre se visualiza en la pantalla visual 60, según se expresa en el bloque 142 del flujo del programa. De

nuevo, se interpone el retardo programado 144 después de la operación al desplazar la zapata 8 de agarre en una configuración de amordazado en la tubería 12.

El bloque 146 del flujo del programa incluye las instrucciones que provocan que la contrapieza rígida 16 se desplace al punto de ajuste de la curvatura predeterminada para llevar a cabo el ángulo incremental deseado en la tubería 12. Tal como se expuso anteriormente, el punto de ajuste de la curvatura inicial se obtuvo a partir del transductor 88 de la posición del cable. El punto de ajuste de la curvatura se lee en la memoria del procesador de acuerdo con el bloque 148 del flujo del programa. El procesador 72 da salida a una orden de acuerdo con el bloque 150 del flujo del programa, para operar el cilindro 82 hidráulico de la contrapieza rígida, elevando la contrapieza rígida 16, para comenzar la operación de curvatura incremental. En el bloque 152 del flujo del programa, el procesador 72 introduce las lecturas del transductor 88 de posición del cable, para determinar por tanto la posición instantánea exacta de la contrapieza rígida 16. Tal como se ha expuesto anteriormente, el punto de ajuste de la curvatura almacenado en la memoria constituye el ángulo del curvado deseado además de cualquier ángulo de la recuperación elástica. No obstante, el procesador 72 controla el cilindro 82 de la contrapieza rígida para provocar el movimiento de la tubería 12 hasta que se alcance el punto de ajuste del curvado, según lo determinado por la realimentación generada por el transductor 86 de la posición del cable. El movimiento hacia arriba de la contrapieza rígida 16 está programado por el procesador 72, para moverse hacia arriba de una forma incremental lineal hasta una velocidad máxima, y después en forma lenta hacia un punto final en donde la velocidad del movimiento de la contrapieza rígida 16 sea cero. El perfil del movimiento triangular es bien conocido en el arte, y se lleva a cabo por el control de la válvula proporcional 84. Pueden utilizarse otras formas de perfil, como un trapecioide, y otras, por parte de los técnicos especializados en el arte. El retardo 154 programado se establece después de la rutina del movimiento de la contrapieza rígida.

En el bloque 156 del flujo del programa, la contrapieza rígida 16 se hace que descienda hasta su posición de bajada total. Esta función se lleva a cabo por el procesador 72, dando salida a una orden de la contrapieza rígida más inferior, tal como se muestra en el bloque 158 del flujo del programa. Al igual que el movimiento de la contrapieza rígida de acuerdo con el bloque 146 de flujo del programa, el movimiento hacia abajo provocado por las instrucciones del bloque 156 del flujo del programa, se lleva a cabo de acuerdo con un perfil de velocidad en forma de triángulo. El retardo programado 160 se interpone después de la rutina 156 de descenso de la contrapieza rígida.

Con referencia ahora a la figura 6, una vez que la contrapieza rígida 16 se mueva a su posición de descenso, la mordaza de agarre 18 se desplaza hacia su posición del punto de ajuste total hacia atrás, tal como se muestra en el bloque 170 del flujo del programa de la figura 6. El bloque 172 del flujo del programa muestra la salida en curso del procesador 72 de la orden al aparato de amordazado de agarre para operar el equipo hidráulico para mover la mordaza 18 de agarre a su posición de retorno total. El retardo 174 se interpone después de la operación del bloque 170 del flujo del programa.

En el bloque 176 del flujo del programa, el ciclo de curvado termina por lo que el procesador 72 da salida a una orden para apagar la lámpara verde del ciclo automático. Esto se muestra en el bloque 178 del flujo del programa.

Las instrucciones del bloque 180 del flujo del programa, al llevarse a cabo por el procesador 72, permiten a la tubería 12 el incrementar una distancia axial predeterminada, una vez que el conmutador de recorrido 58 se golpee manualmente. El conmutador de recorrido 56 no necesita estar mantenido por el operador, sino que solo se golpea para que la señal del procesador 78 desplace la tubería 12 a una distancia que corresponda a la longitud de la tubería entre las curvaturas incrementales. Este parámetro se programó inicialmente en la memoria del procesador 72. Se observará que la operación del bloque del flujo del programa 180 puede llevarse a cabo sin la intervención del operador de golpear el conmutador 56, sino que más bien se lleva a cabo automáticamente después de la rutina 176 del ciclo de curvado.

Con referencia todavía a la figura 6, se muestra un bloque 182 del flujo del programa con las instrucciones del desplazamiento en curso de la tubería 12 hacia delante para la siguiente curvatura. Con el fin de determinar la distancia exacta mediante la cual la tubería 12 se desplace, el procesador 72 lee la memoria e introduce el incremento del recorrido, según se expresa en el bloque 184 del flujo del programa. El procesador 72 da salida de una orden para la válvula 100 de recorrido proporcional, según se expresa en el bloque 186 del flujo del programa. Tal como se expuso anteriormente, esto permite que el motor 36 de rodillos motorizados sea operado para hacer girar el rodillo 30 y desplazar en la forma correspondiente la tubería 12 a una distancia específica. La velocidad angular de movimiento del motor 36 puede seguir también un recorrido del perfil de la velocidad, para realizar rápidamente el movimiento de la tubería sin arranca ni detener bruscamente las operaciones. Se eliminará así cualquier infra-exceso o sobre-exceso. Una vez que la tubería 12 inicie el movimiento axial, el procesador 72 contará el número de impulsos del codificador 94, para medir la distancia exacta de la tubería 12 al moverse. Esto se muestra en el bloque 188 del flujo del programa. Una vez que la tubería 12 se haya desplazado en su distancia incremental prescrita, se parará. El procesamiento continúa hacia el bloque de decisión 184, en donde se determina si se ha completado todas las curvaturas incrementales en la tubería 12. Si el bloque de decisión 184 es afirmativo, entonces se completa el ciclo de curvado incremental automático, según se expresa por el bloque 186 del flujo del programa. Si por el contrario, se tienen que completar las curvaturas incrementales, el proceso avanza al bloque 188 del flujo del programa. En este caso, las ramificaciones del proceso retornan

al bloque 122 del flujo del programa de la figura 5, en donde puede comenzar otro ciclo de curvado automatizado por la actuación del conmutador de inicio por parte del operador. Los técnicos especializados en el arte pueden preferir continua con las curvaturas incrementales subsiguientes sin la intervención del operador. En este caso, el procesamiento retornaría al bloque 126 del flujo del programa y al bloque de derivación 122. Por supuesto, la lámpara del ciclo automático no se apagaría en el modo automático total.

Aunque no se muestra, el procesador 72 está programado para monitorizar automáticamente la actuación de los conmutadores del panel de control. Por ejemplo, si durante una operación de curvado opera el conmutador 46 de parada de emergencia o el conmutador 44 de parada del ciclo de curvado, el procesador 72 parará la operación. Si se detecta la actuación del conmutador 46 de parada de emergencia, la fuente de alimentación se desconectará del sistema de curvado de la tubería. Si se pulsa el conmutador 44 de parada del ciclo de curvado, se interrumpirá el ciclo de curvado, pero comenzará cuando se pulse subsiguientemente el conmutador 48 de inicio del ciclo de curvado. Los técnicos especializados en el arte encontrarán útil el programa y el procesador 27 con otros algoritmos para llevar a cabo el diagnóstico del sistema, e incluso inicialmente calibrar el sistema. Tal como se expuso anteriormente, el procesador puede ser programado para introducir la información del ángulo directamente desde los inclinómetros. Estos datos instantáneos de información que son directamente representativos del ángulo de curvado a que está sometida la tubería. La información del ángulo en sí misma puede ser utilizada para determinar cuando el movimiento pivotal de la contrapieza rígida deberá pararse, al alcanzar el ángulo de curvado deseado. A tal fin, puede ser posible omitir el transductor de la posición del cable y confiar solamente en los inclinómetros.

A partir de lo anteriormente mencionado, se ha expuesto un sistema de curvado de tuberías en el cual una gran parte, sino toda la totalidad, de las operaciones se llevan a cabo automáticamente bajo el control de un procesador programado. Mediante la utilización de un aparato controlado por un microprocesador, así como también con sensores para detectar los distintos aspectos de la operación con los fines de la realimentación de información y datos hacia el procesador, pudiendo realizar curvados altamente precisos de una forma repetida. Aunque la realización preferida del método y aparato ha quedado expuesta con referencia a un sistema de curvado de tuberías específico, se comprenderá que pueden introducirse muchos cambios en los detalles como un tema relativo a la selección de la ingeniería y del software, sin desviarse del alcance de la invención según lo definido en las reivindicaciones adjuntas.

REIVINDICACIONES

1. Un aparato de curvado de tuberías que comprende: una zapata de agarre (18) para amordazarse a una tubería (12); una matriz de curvado (14); una contrapieza rígida (16) para soportar la tubería (12), en el que la mencionada contrapieza rígida (16) es desplazable con respecto a la mencionada zapata de agarre (18) para desplazar una parte de la mencionada tubería (12) y formar un curvado en la misma; un sensor de ángulos (88) para detectar las posiciones relativas de la mencionada tubería (12), y proporcionar indicadores de salida de una orientación angular de la tubería (12); y un programa de procesador para controlar el movimiento de la mencionada contrapieza rígida (16), en el que el mencionado procesador (72) almacena datos correspondientes a un ángulo de curvado deseado, y en el que el mencionado procesador (72) recibe las mencionadas indicaciones de las orientaciones angulares de la mencionada tubería (12) y para comparar el ángulo de curvado almacenado con las mencionadas indicaciones de la orientación angular, y programado para hacer que la mencionada contrapieza rígida (16) detenga el movimiento cuando exista una igualdad entre el mencionado ángulo de curvado almacenado y la mencionada indicación de la orientación angular; **caracterizado** porque tiene:

un cilindro (74) hidráulico de la zapata de agarre, asociado con la mencionada zapata de agarre (18), en el que el mencionado cilindro (74) de la zapata de agarre incluye un sensor de presión (78) para detectar una presión asociada con una fuerza aplicada por la mencionada zapata de agarre (18) a la tubería (12); y

un cilindro (82) hidráulico de la contrapieza rígida, para desplazar la mencionada contrapieza rígida (16) y una válvula proporcional (84) asociada con el mencionado cilindro (82) hidráulico de la contrapieza rígida, para mover un pistón del mencionado cilindro (82) hidráulico de la contrapieza rígida;

en el que el mencionado procesador (72) almacena los datos correspondientes a un parámetro de presión predefinido, y para comparar el mencionado parámetro de presión predefinido con la mencionada presión detectada, para controlar el cilindro (74) hidráulico de la zapata de agarre mencionada, estando el procesador (72) programado para mover la mencionada contrapieza rígida (16) desde el inicio a una parada de acuerdo con un perfil de velocidad predefinido, y estando el mencionado procesador (72) programado para controlar la mencionada válvula proporcional (84).

2. El aparato de curvado de tuberías de la reivindicación 1, en el que el mencionado ángulo de curvado almacenado comprende el ángulo deseado para que permanezca en la tubería mencionada (12) más un ángulo de la recuperación elástica.

3. El aparato de curvado de tuberías de la reivindicación 1, que incluye además un aparato de transferencia de tuberías (30, 36) para mover axialmente la tubería (12) en el mencionado aparato de curvado de tuberías, en el que el mencionado aparato de transfe-

rencia de tuberías (30, 36) incluye un sensor axial (94) para detectar el movimiento axial de la tubería (12), y en el que el mencionado procesador (72) está programado para controlar el mencionado aparato (30, 36) de transferencia de tuberías en respuesta al mencionado sensor axial (94) que detecta el movimiento axial de la tubería (12).

4. El aparato de curvado de tuberías de la reivindicación 3, en el que el mencionado sensor axial (94) comprende un codificador (94) que genera señales digitales en respuesta a la distancia en la que se desplaza axialmente la tubería (12).

5. El aparato de curvado de tuberías de la reivindicación 1, en el que el mencionado procesador (72) está programado para llevar a cabo una pluralidad de curvaturas incrementales en la tubería (12).

6. El aparato de curvado de tuberías de la reivindicación 1, en el que el mencionado sensor del ángulo (88) comprende un inclinómetro (102, 104).

7. El aparato de curvado de tuberías de la reivindicación 3, en el que el mencionado procesador (72) está programado para almacenar los datos correspondientes a una distancia predefinida en la cual la mencionada tubería (12) tiene que desplazarse axialmente.

8. El aparato de curvado de tuberías de la reivindicación 1, en el que el mencionado procesador (72) está programado para almacenar los datos correspondientes a varias curvaturas a forma en la mencionada tubería (12).

9. El aparato de curvado de tuberías de la reivindicación 8, en el que el mencionado procesador (72) está programado para llevar a cabo varios ciclos de curvado de tuberías correspondientes a las mencionadas curvaturas almacenadas.

10. Un método para el curvado de una tubería, que comprende las etapas de amordazar una parte de la tubería (12) en una posición fija; desplazar otra parte de la tubería (12) a una posición predefinida bajo el control del procesador programado (72); generar una primera señal de realimentación correspondiente a una posición de la tubería (12) durante la curvatura de la misma,

caracterizado porque:

utiliza la mencionada primera señal de realimentación por el procesador programado (72) y comparando la señal de realimentación con una referencia para controlar el movimiento de la tubería (12) durante el curvado desde el inicio hasta la parada de acuerdo con un perfil de velocidad predefinido;

genera una segunda señal de realimentación correspondiente a una fuerza aplicada al amordazar la parte de la tubería (12); y

porque utiliza la mencionada segunda señal de realimentación por el procesador programado (72) y comparando la segunda señal de realimentación con un parámetro de presión predefinido, para controlar el amordazado de la parte de la tubería (12).

11. El método de la reivindicación 10, que incluye además el control del movimiento axial entre los curvados de la tubería por el procesador programado mencionado (72).

12. El método de la reivindicación 10, que incluye además el almacenar en una memoria utilizada por el mencionado procesador programado (72) un ángulo de configuración de curvatura que define la mencionada referencia, en el que el mencionado ángulo de

configuración de la curvatura incluye un ángulo que tiene que permanecer en la mencionada tubería (12) después del curvado de la misma, e incluyendo un ángulo de la recuperación elástica.

5

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

60

65

13. El método de la reivindicación 10, que incluye además el amordazado de la mencionada tubería (12) a la mencionada posición fija bajo el control del procesador programado (72).

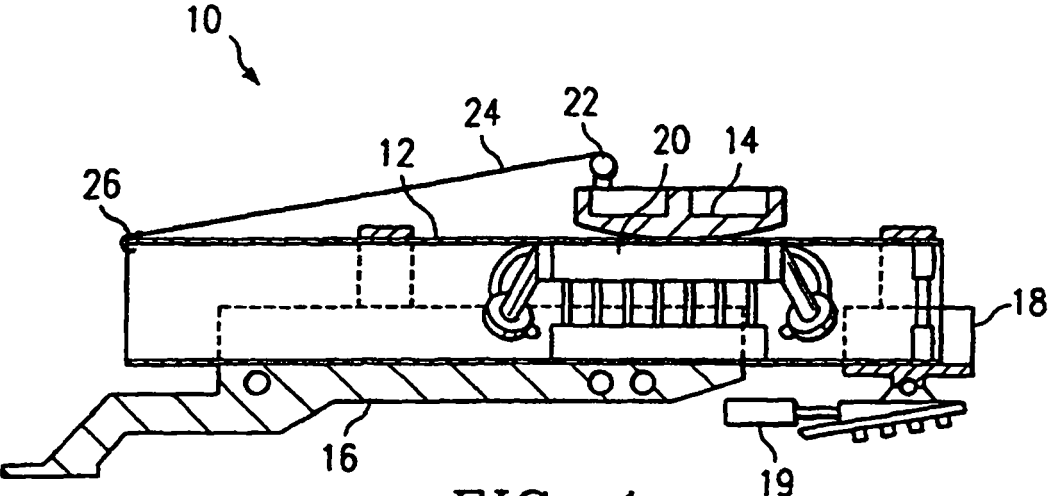


FIG. 1a
(ARTE PREVIO)

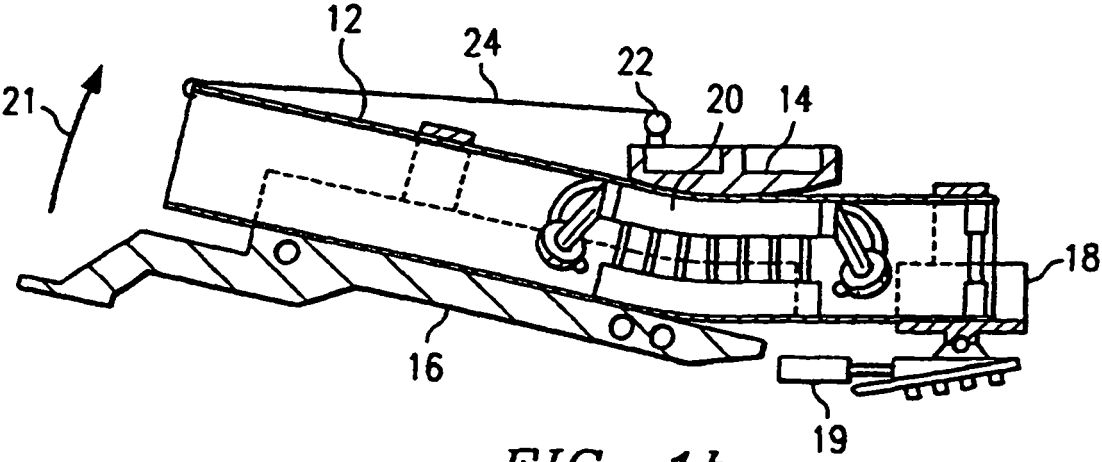


FIG. 1b
(ARTE PREVIO)

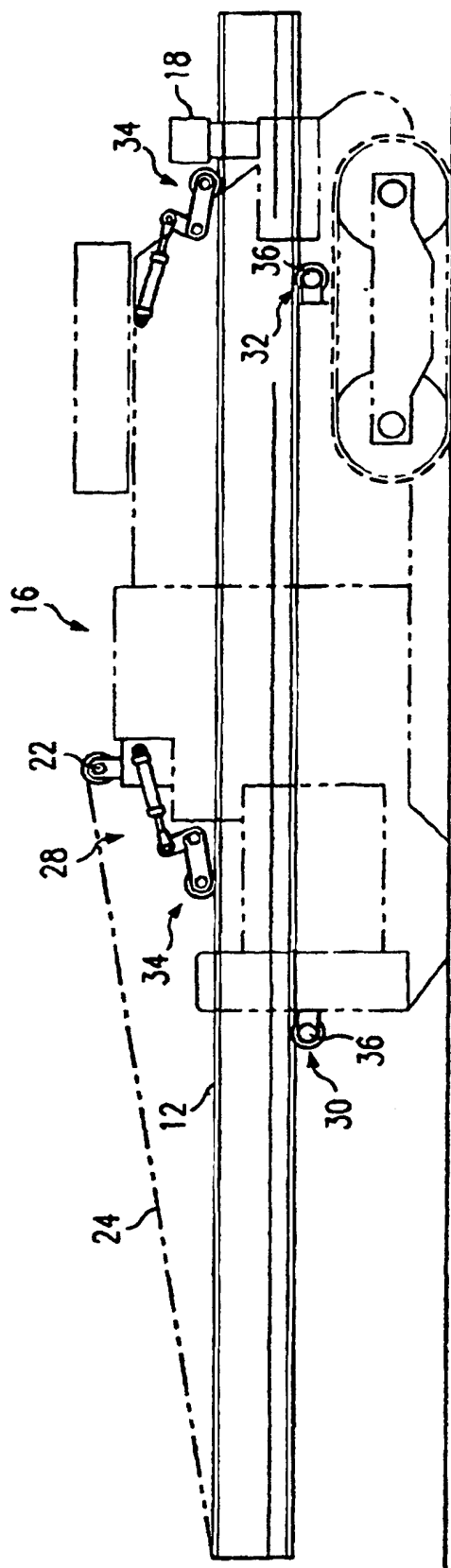


FIG. 2
(ARTE PREVIO)

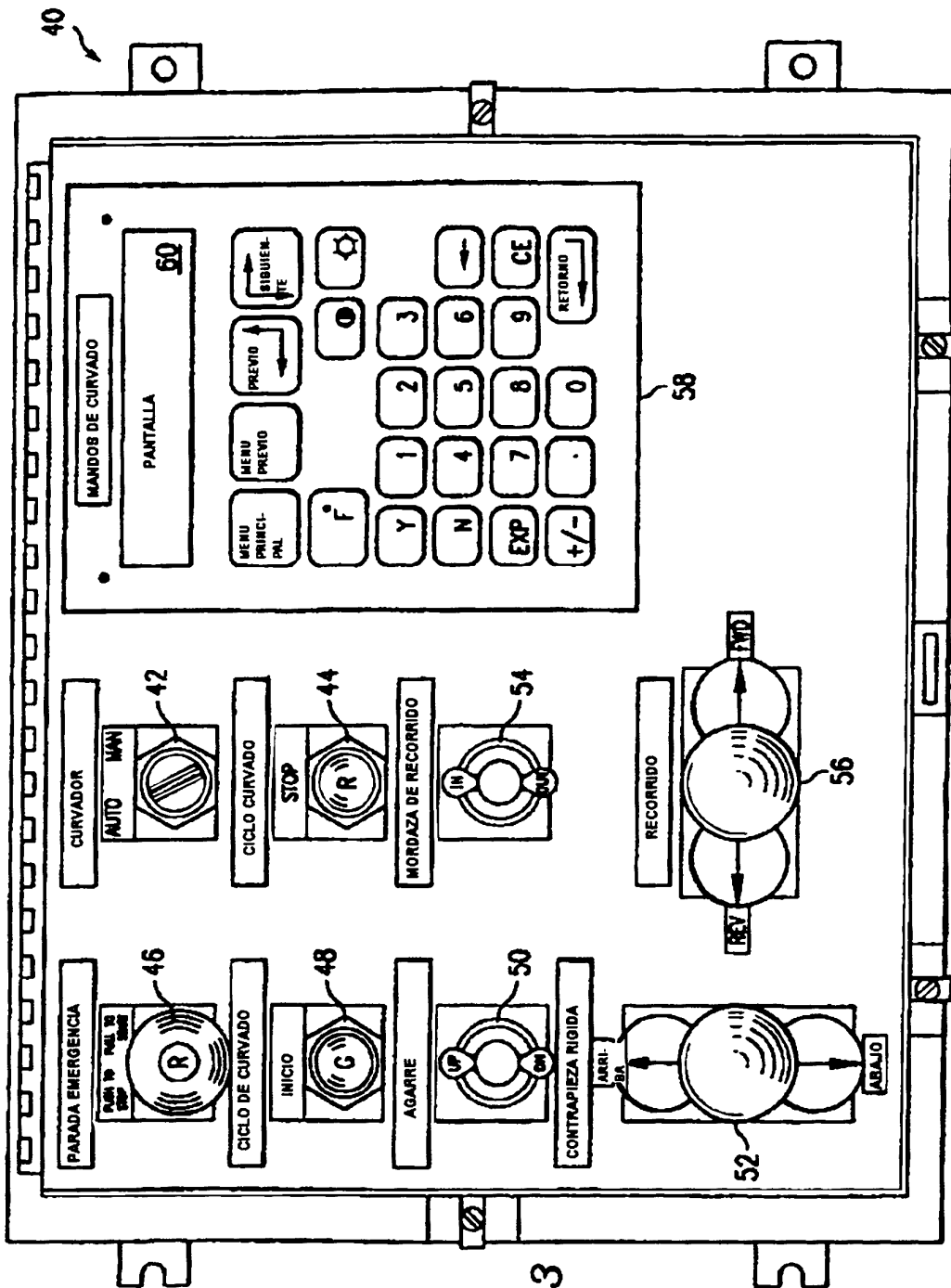


FIG. 3

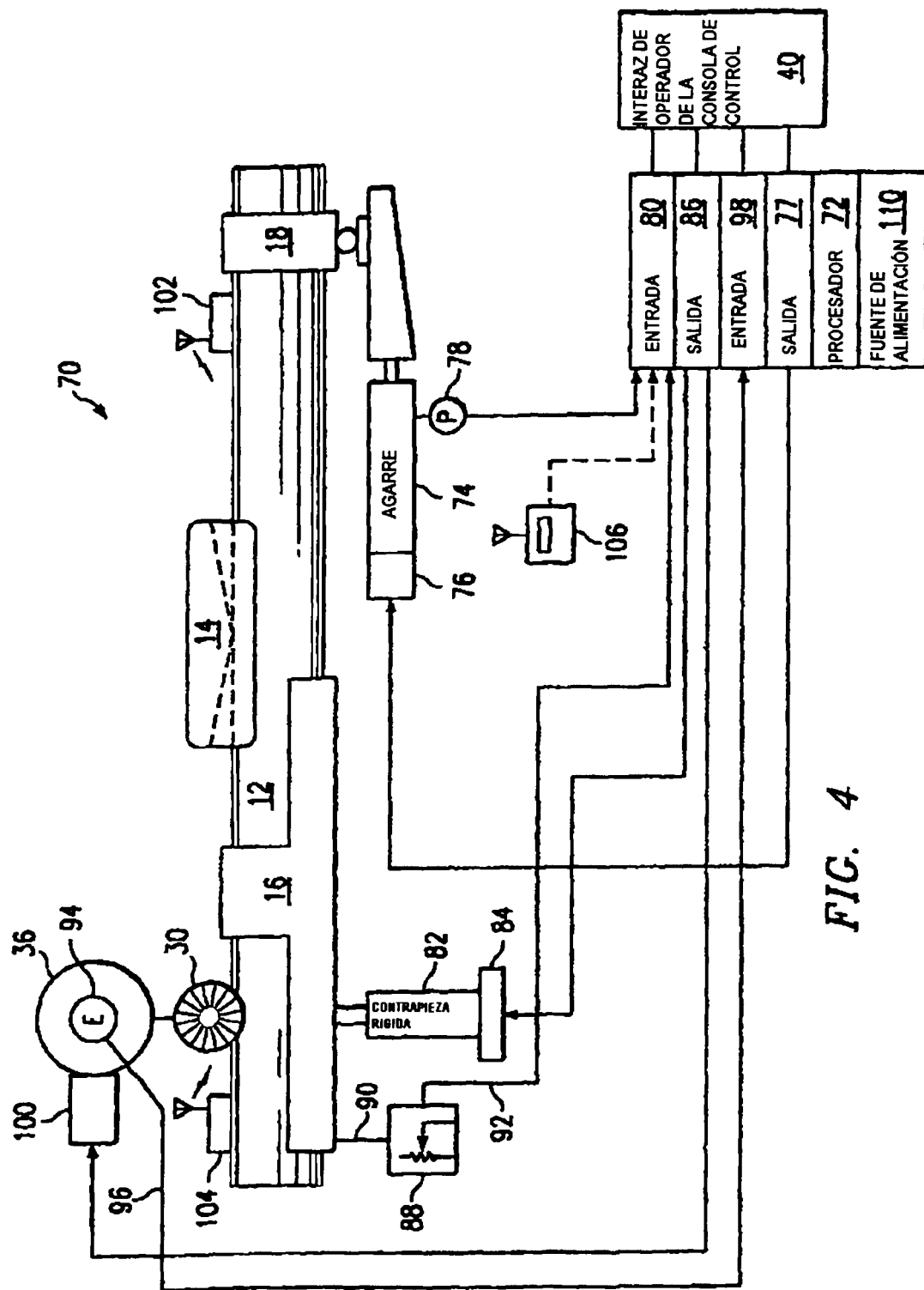


FIG. 4

DE LA FIGURA 5

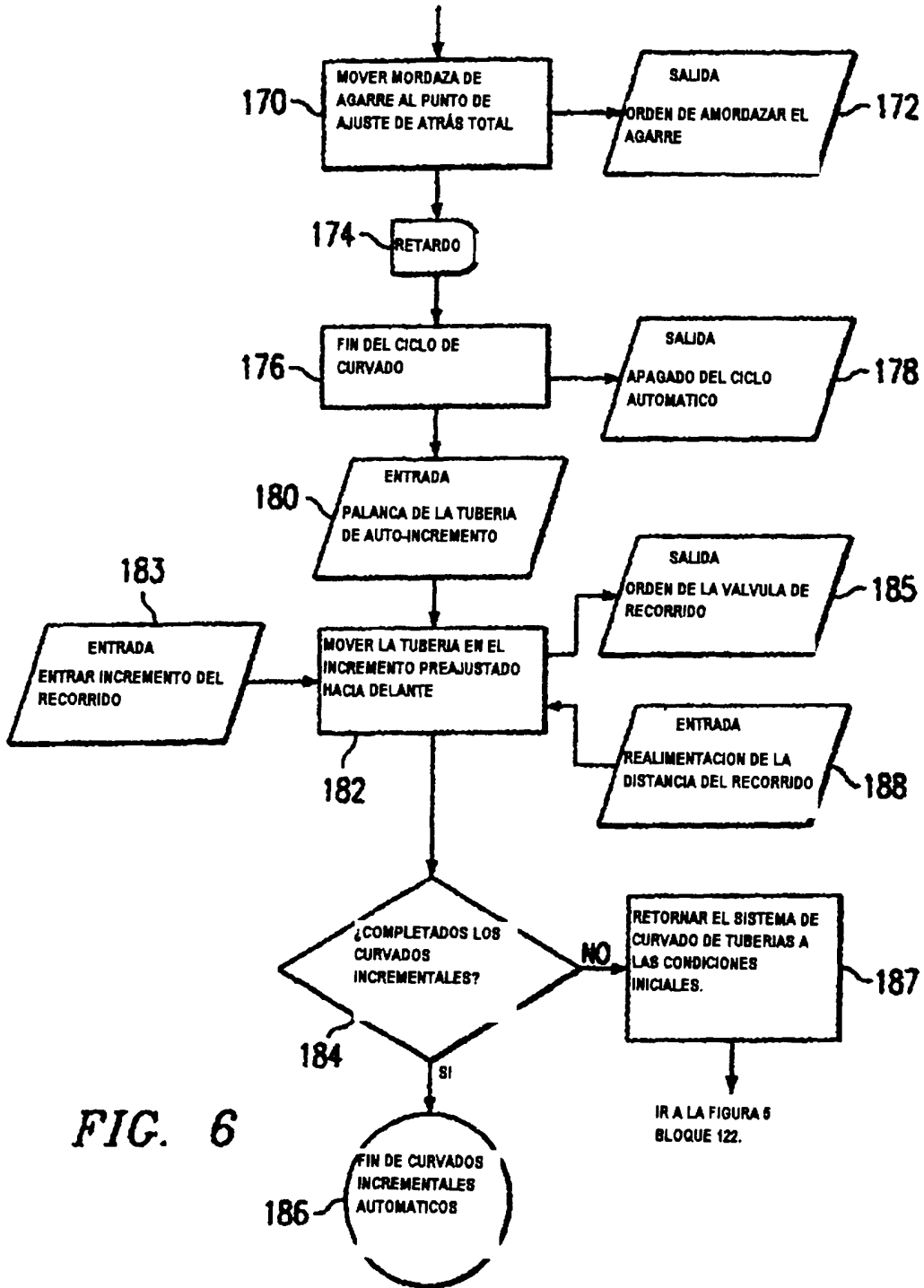


FIG. 6