

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 709 681**

51 Int. Cl.:

**B29C 53/08** (2006.01)

**B21D 7/024** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **24.02.2015 PCT/IB2015/051368**

87 Fecha y número de publicación internacional: **16.06.2016 WO16092381**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **24.02.2015 E 15718997 (8)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **07.11.2018 EP 3230040**

54 Título: **La aplicación de las cámaras 3D al proceso de doblado de perfil en la máquina de doblado con tres y cuatro rodillos**

30 Prioridad:  
**12.12.2014 RS P20140682**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:  
**17.04.2019**

73 Titular/es:  
**TURANJANIN, UROS (100.0%)  
Vladimira Rolovica 12  
34000 Kragujevac, RS**

72 Inventor/es:  
**TURANJANIN, UROS**

74 Agente/Representante:  
**ISERN JARA, Jorge**

ES 2 709 681 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**

La aplicación de las cámaras 3D al proceso de doblado de perfil en la máquina de doblado con tres y cuatro rodillos

5 Campo técnico

La invención en cuestión, en un sentido más amplio, es una parte del campo de doblado de perfil y, en un sentido más estrecho, es una parte del proceso de doblado de perfil automatizado, donde las cámaras 3D se aplican a la máquina de doblado de perfil con tres y cuatro rodillos. La aplicación de las cámaras 3D permite la detección del perfil durante el proceso de doblado, proporcionando así una gestión controlada, la regulación del control así como la corrección del proceso de doblado en tiempo real. La aplicación de las cámaras 3D define un circuito de retroalimentación entre el ordenador que controla el proceso de doblado y el perfil que se está doblando en la máquina, con el objetivo final de producir la salida deseada, es decir, el perfil doblado al ángulo, radio o diámetro predeterminados, al final del proceso de doblado. De acuerdo con la clasificación internacional de patentes, las marcas IPC de la patente son: B29 C53/08; G05B 19/19.

Problema técnico

El problema técnico, resuelto con la presente invención, es cómo detectar el perfil durante el proceso de doblado en la máquina dobladora con tres y cuatro rodillos usando las cámaras 3D, logrando así un circuito de retroalimentación entre el ordenador que controla el proceso y el perfil doblado en la máquina. Las cámaras 3D proporcionan una vista tridimensional del proceso de doblado donde cada punto de interés en la máquina y en el perfil se define dimensionalmente y en el espacio. Las cámaras 3D definen la posición del perfil en los tres ejes, así como la posición de todos los puntos y objetos de interés definidos en el área alrededor de la máquina. La aplicación de las cámaras 3D define un circuito de retroalimentación que proporciona información en tiempo real al ordenador con respecto al perfil que se está doblando en la máquina, la información es un estado medido actual que se está comparando con el estado anticipado, es decir, predeterminado. La aplicación de las cámaras 3D a la máquina dobladora con tres y cuatro rodillos proporciona una gestión controlada, una regulación del control y una corrección del proceso de doblado, donde, al doblar el ángulo inicial de 15°, el proceso de doblado iniciado se corrige si no se está ejecutando como se anticipó, con el objetivo de lograr un ángulo, radio o diámetro predeterminados del perfil doblado cuando se completa el proceso de doblado controlado.

El estado de la técnica

La máquina dobladora para perfiles de aluminio y de pvc, número de patente RS 964U, no utiliza cámaras 3D, ya que no tiene un sistema de control por microprocesador el cual es necesario para implementar las cámaras 3D. Con esta máquina, el proceso de doblado del perfil se realiza de forma semiautomática donde el operador controla el proceso de doblado manualmente solo con botones. Este tipo de control de la máquina no proporciona un circuito de retroalimentación lo cual puede llevar a un error por parte del operador al determinar el radio o diámetro deseados del arco, así como a un error al colocar el perfil durante el doblado.

El procedimiento de doblado que se muestra en la patente WO 2009/101649 A2, donde se presenta el método para verificar y controlar una máquina dobladora de rodillos para doblar continuamente una pieza de trabajo alargada a radios de curvatura variable y la máquina así controlada, utiliza un codificador para medir el movimiento del perfil en la máquina. Este método también emplea un dispositivo sin contacto para medir la distancia en un punto, que se utiliza para enviar información al ordenador con respecto a la distancia entre el propio sensor y el punto predefinido en el perfil alargado. El ordenador utiliza esta información para calcular el radio de la parte doblada en función de las medidas de la longitud mencionada en diversas pasadas y la comparación del radio calculado del arco con el radio deseado del arco en la parte doblada mencionada. A diferencia de la invención en cuestión, donde el circuito de retroalimentación incluye cámaras 3D, dentro del método mencionado anteriormente, el circuito de retroalimentación incluye un dispositivo sin contacto para medir la longitud en un punto. El dispositivo sin contacto para medir la longitud en un punto, utilizado en el método antes mencionado, difiere de la invención en cuestión, ya que no tiene las mismas opciones ni puede proporcionar la misma retroalimentación al ordenador que se puede proporcionar utilizando las cámaras 3D. En primer lugar, el dispositivo sin contacto para medir la longitud en un punto mide la distancia entre el sensor y el punto fijo predefinido en el perfil, a la vez que las cámaras 3D proporcionan una vista tridimensional del proceso de doblado al ordenador en tiempo real. Con base en esta información, el proceso iniciado se corrige si el doblado no se está ejecutando de acuerdo con el plan predefinido con el objetivo de lograr un ángulo, radio o diámetro previamente determinados del perfil doblado cuando se completa el proceso de doblado. A diferencia de los dispositivos utilizados en el método mencionado anteriormente, las cámaras 3D aplicadas a la máquina con tres rodillos pueden definir la posición del perfil en los tres ejes, así como la posición de todos los puntos, es decir, los objetos de interés en el área alrededor de la máquina. Lo que las cámaras 3D conectadas con el ordenador pueden proporcionar, a diferencia de los dispositivos en el método mencionado anteriormente, es la detección de líneas externas e internas del perfil, así como la determinación del ángulo actual formado entre el lado izquierdo y derecho del arco así como detección de la posición del punto medio del arco. A diferencia de los dispositivos en el método mencionado anteriormente, las cámaras 3D conectadas con el ordenador pueden determinar el inicio y el final del proceso de doblado, de modo que las partes rectas del arco estén paralelas al final

del proceso de doblado, si se solicitó. Además, las cámaras 3D pueden determinar si el arco está doblado al ángulo, radio o diámetro predeterminados, lo cual es el objetivo de la invención en cuestión. Se debe enfatizar que el dispositivo sin contacto para medir la longitud en un punto puede proporcionar solo la medida de la distancia entre el sensor y el punto en el perfil y con esto no es posible calcular el ángulo actual formado entre los lados izquierdo y derecho del arco durante el proceso de doblado y, por lo tanto, no es posible predecir el ángulo, es decir, la posición paralela de las partes rectas del arco.

La mejora de la patente mencionada se muestra en el documento de patente EP 2 248 611 A1 que describe una máquina dobladora para doblar continuamente una pieza de trabajo alargada a radios predeterminados utilizando un sensor láser 2D. El sensor láser 2D se puede describir como una versión avanzada del dispositivo sin contacto para medir la longitud en un punto, con la distinción de que el sensor láser 2D realiza la medición en diversos puntos diferentes (en general 8 puntos) entre el perfil y el dispositivo mencionado. Similar al documento de patente WO 2009/101649 A2, el sensor láser 2D se aplica a esta máquina para detectar la distancia entre los puntos en el perfil y el sensor, y esa información es procesada por el ordenador y convertida en el radio del arco, siendo este el objetivo de la mencionada máquina. El propósito del medidor de longitud o el codificador, como se mencionó, es medir la longitud del perfil alargado, es decir, la posición del perfil durante el doblado. A diferencia de los dispositivos utilizados en la máquina mencionada anteriormente, la aplicación de las cámaras 3D en la invención en cuestión proporciona una vista tridimensional del proceso de doblado al ordenador, donde cada punto de interés en el perfil y en la máquina se define dimensionalmente y en espacio. Las cámaras 3D aplicadas a la máquina dobladora con tres rodillos, a diferencia de los dispositivos utilizados en la máquina mencionada anteriormente, pueden definir la posición del perfil en los tres ejes, así como la posición de todos los puntos y objetos de interés en el área alrededor de la máquina. Para este propósito se utilizan las cámaras 3D con alta resolución lateral, que proporcionan más de 300000 puntos medidos.

Al medir los puntos de interés alrededor de la máquina, la distancia entre las cámaras 3D y el perfil que se dobla en la máquina se define dimensionalmente. La posibilidad de medir los puntos de interés en el área alrededor de la máquina proporciona la información requerida por el ordenador para determinar la posición del perfil durante el doblado y el ángulo actual formado entre los lados izquierdo y derecho del arco. A diferencia de las patentes WO 2009/101649 A2 y EP 2 248 611 A1, las cámaras 3D pueden proporcionar la detección de las líneas externas e internas del perfil, determinar el ángulo actual formado entre los lados izquierdo y derecho del arco, detectar el punto medio del arco y predecir la posición paralela de las partes rectas del arco si se requiere. A diferencia de los dispositivos utilizados en las máquinas mencionadas anteriormente, el circuito de retroalimentación formado entre las cámaras 3D y el ordenador puede determinar el inicio y el final del proceso de doblado de tal manera que las partes rectas del arco sean paralelas, si así se solicita, a la vez que logra un ángulo, radio o diámetro predeterminados, siendo este el objetivo de la invención en cuestión.

La aplicación del dispositivo láser para detectar el punto medio del arco a la máquina dobladora, presentada en el documento de patente RS 53431, introduce la forma de aplicación del dispositivo láser a la máquina dobladora con tres rodillos. La aplicación del dispositivo láser durante el proceso de doblado del perfil solo proporciona la detección del punto medio del arco, es decir, el punto marcado en el punto medio de la parte del arco. El dispositivo láser utilizado en el documento de patente RS 53431 y las cámaras 3D utilizadas en la máquina dobladora con tres o cuatro rodillos no tienen similitudes en la forma en que operan o en los valores medidos, por lo que las posibilidades de cada dispositivo son diferentes. La invención en cuestión proporciona un circuito de retroalimentación para la información mencionada anteriormente utilizada por el ordenador para administrar, controlar y corregir el proceso de doblado en tiempo real, a la vez que el dispositivo láser se usa exclusivamente para la detección del punto medio del arco, es decir, el punto marcado en el centro de la parte del arco durante el proceso de doblado.

El método para doblar perfiles de PVC que se pueden recuperar y ver en el canal de YouTube del centro de sincronización "Bending PVC profiles" <https://www.youtube.com/watch?v=Qx1ZK9ggsnw> demuestra la técnica anterior descrita en la patente WO 2012/026836 A1. Es esencial mencionar aquí que el dispositivo ubicado en una pequeña caja negra, ubicada en el medio de un riel detrás de los rodillos traseros no es una cámara CCD, sino un dispositivo láser que detecta un marcador que se encuentra en el medio de un arco, el cual se describe en detalle en una patente WO 2012/026836 A1. El modelo de máquina que se puede observar en un video clip mencionado a partir del año 2012 no contiene una cámara CCD ni ningún otro tipo de cámara utilizada durante el proceso de doblado como retroalimentación. Dos cajas azules, que se encuentran a ambos lados de la máquina detrás de los rodillos traseros, podrían confundirse con las cámaras CCD debido a la forma similar. Sin embargo, estas dos cajas azules son en realidad sopladores de aire caliente utilizados para calentar perfiles de PVC durante el proceso de doblado de la máquina.

El doblado de los perfiles de PVC utilizando un sistema de control láser y PLC se describe en una patente WO 2012/026836 A1. El dispositivo láser está en conjunto con el sistema de control PLC y su tarea es detectar el marcador ubicado en medio de un arco. Este enfoque conserva la simetría del lado izquierdo y derecho de un arco. El sistema de control láser y PLC mencionado anteriormente no recibe ningún comentario sobre el proceso de doblado ni sobre las dimensiones del arco que se está doblando en la máquina. Dicho todo esto, la patente mencionada anteriormente no tiene nada en común con las cámaras 3D, es decir, con la invención en cuestión.

El aparato de doblado y el método de doblar un objeto metálico se describen en una patente de los Estados Unidos US 2009/178453 A1. La patente de los Estados Unidos 2009/178453 A1, párrafo [0019] - [0023] describe una máquina dobladora que puede usar una cámara de imágenes en color como información para controlar el proceso de doblado. Sin embargo, las cámaras de imágenes en color no deben confundirse con las cámaras en 3D ya que estos dos dispositivos son esencialmente diferentes. La cámara de imágenes en color mide el color del objeto visto por cada píxel en el escenario, a la vez que una cámara 3D mide la distancia entre la cámara 3D y el objeto visto por cada píxel. Como tal, esta patente representa un estado de la técnica.

Breve descripción de la invención

La esencia de la invención en cuestión es la aplicación de las cámaras 3D a la máquina dobladora de perfiles con tres y cuatro rodillos para la detección del perfil durante el proceso de doblado, implementando así el circuito de retroalimentación formado entre el ordenador, un sistema el cual controla el proceso de doblado, y el perfil, una salida que se dobla en la máquina. Con base en la información recibida a través del circuito de retroalimentación, el ordenador puede administrar el proceso, controlarlo y corregirlo si el procedimiento de doblado no se está ejecutando de acuerdo con el plan predeterminado. El perfil detectado que utilizan las cámaras 3D representa el estado medido el cual se compara por el ordenador con el estado anticipado, predeterminado y, con base en esta comparación, el ordenador ajusta el proceso de doblado iniciado. La información obtenida a través de las cámaras 3D se reenvía al ordenador, lo que proporciona una gestión controlada, regulación del control y corrección del proceso de doblado en tiempo real. La aplicación de las cámaras 3D proporciona una vista tridimensional del proceso de doblado donde cada punto de interés en la máquina se define dimensionalmente y en el espacio. Con las cámaras 3D es posible definir la posición del perfil en los tres ejes, así como definir la posición de todos los puntos y objetos de interés en el área alrededor de la máquina. La aplicación de las cámaras 3D en un circuito de retroalimentación con el ordenador proporciona la predicción del proceso de doblado para que las partes rectas del arco sean paralelas, si es necesario, y se doblen al ángulo, radio o diámetro predeterminados cuando se completa el proceso de doblado, siendo este el objetivo de la invención en cuestión. La innovación de la invención en comparación con el estado actual de la técnica es la aplicación de las cámaras 3D a la máquina dobladora con tres y cuatro rodillos, donde la detección del perfil en los tres ejes define el circuito de retroalimentación utilizado por el ordenador para controlar el proceso de doblado en tiempo real para obtener la salida deseada al final del proceso de doblado, es decir, el perfil doblado al ángulo, radio o diámetro predeterminados. Las máquinas, procesos y métodos existentes no utilizan ni aplican las cámaras 3D durante el proceso de doblado del perfil.

Breve descripción de los dibujos.

La invención en cuestión se presenta en detalle en las siguientes figuras:

La Figura 1 muestra la vista superior de la máquina dobladora con tres rodillos antes del inicio del proceso de doblado del perfil.

La Figura 2 muestra la vista superior de la máquina dobladora con tres rodillos durante el proceso de doblado del perfil.

La Figura 3 muestra la vista superior de la máquina dobladora con tres rodillos al final del proceso de doblado del perfil.

La Figura 4 muestra la vista frontal de la máquina dobladora con tres rodillos.

La Figura 5 muestra la vista lateral de la máquina dobladora con tres rodillos.

La Figura 6 muestra marcas y puntos de interés en el perfil.

La Figura 7 muestra la vista superior de la máquina dobladora con tres rodillos con obstáculos detectados dentro de la zona de doblado.

La Figura 8 muestra la vista superior de la máquina dobladora con cuatro rodillos durante el proceso de doblado del perfil.

La Figura 9 muestra el diagrama de bloques del circuito de retroalimentación entre el ordenador, las cámaras 3D y el proceso de doblado de perfiles.

Descripción detallada de la invención

Las cámaras (1) y (2) 3D representan sensores que proporcionan una vista tridimensional del área alrededor de la máquina (3) cubierta por su campo de visión. A diferencia de las cámaras 2D normales que asignan color a cada píxel, o las cámaras térmicas que asignan temperatura a cada píxel, las cámaras (1) y (2) 3D asignan a cada píxel la distancia entre la cámara y el objeto visto por ese píxel. En otras palabras, las cámaras (1) y (2) 3D pueden utilizarse

para la detección confiable del tamaño y la forma de los objetos en su campo de visión, así como para la detección de la distancia de los objetos a partir de la cámara. Las cámaras (1) y (2) 3D tienen resolución lateral, es decir, el número de píxeles en la matriz (similar a las cámaras normales), así como la resolución de profundidad, es decir, la capacidad de la cámara para determinar la distancia entre la cámara y el objeto para cada píxel en la matriz. Hasta  
5 ahora, se han publicado diversas tecnologías que utilizan cámaras 3D, la más confiable es el método de tiempo de vuelo, que se utiliza para detectar la distancia entre la cámara y el objeto mediante el envío de la señal óptica modulada y la medición del tiempo necesario para que la señal refleje el objeto y vuelva al sensor. El segundo método utiliza la triangulación, es decir, un método geométrico que incluye el uso de una cámara de luz colimada desplazada a un lado de la cámara 2D. La cámara 2D detecta la posición de la señal óptica en el espacio y  
10 determina la distancia del objeto a partir de la cámara en función de la posición detectada. El tercer método incluye la iluminación de la escena utilizando un esquema óptico codificado espacialmente que está siendo detectado por una cámara 2D normal, detectando la "desviación" del esquema óptico codificado y, con base en esta detección, la distancia entre el objeto y la cámara se calcula indirectamente. El cuarto método de realización de cámaras 3D implica la utilización de dos cámaras 2D regulares desplazadas en el espacio, donde los algoritmos informáticos  
15 complejos pueden determinar la distancia de los objetos en el campo de visión de las cámaras en función del desplazamiento de los píxeles entre la cámara izquierda y derecha y la sombra (este método se suele denominar visión estéreo). Todos los métodos mencionados anteriormente pueden utilizarse para la realización de las cámaras (1) y (2) 3D en la máquina dobladora de perfiles con tres y cuatro rodillos, en donde la descripción detallada de los métodos supera el marco de la patente. Las cámaras (1) y (2) 3D, realizadas de acuerdo con una de las  
20 arquitecturas mencionadas anteriormente, se colocan en los soportes (5) y (6) firmemente fijadas a la máquina (3) dobladora con tres o cuatro rodillos. La distancia de las cámaras (1) y (2) 3D al perfil (4) depende del campo de visión y la longitud deseada del perfil (4) que se debe detectar. Por lo general, para cámaras con campo de visión horizontal de 60° y campo de visión vertical de 40°, las cámaras (1) y (2) 3D están configuradas verticalmente en la máquina (3), 1.8 hasta 2 m por encima de la máquina (3) y a partir de allí monitorizan el proceso de doblado del  
25 perfil (4), implementando así la regulación del control, que es la posibilidad de corregir el proceso de doblado con base en el circuito de retroalimentación formado entre el ordenador (7) y el perfil (4) doblado en el máquina (3). Las cámaras (1) y (2) 3D también se pueden configurar horizontalmente o en cierto ángulo con la máquina (3) con el objetivo de aumentar el campo de visión, es decir, permitir la detección de perfiles largos, en comparación con la detección que se proporciona utilizando una construcción vertical. Con cámaras 3D con amplio campo de visión, el  
30 uso de una sola cámara 3D también es posible, lo que disminuiría la complejidad del sistema. El ordenador (7) está conectado al dispositivo (28) PLC mediante una conexión electrónica y su propósito es controlar los motores que impulsan los rodillos (8), (9), (10) y (25). La longitud máxima del perfil (4) detectado utilizando las cámaras (1) y (2) 3D alineadas de esta manera es de alrededor de 4 m, sin excluir la posibilidad de agregar cámaras 3D adicionales si se considera necesario. Las cámaras (1) y (2) 3D se pueden ajustar verticalmente y/u horizontalmente a la máquina  
35 (3), dependiendo de la posición de la máquina (3). El control y la corrección del proceso de doblado también se pueden lograr utilizando solo una o más cámaras 3D donde es necesario considerar el campo de visión de la cámara y la longitud máxima del perfil que se debe detectar. Las cámaras (1) y (2) 3D definidas sobre la máquina (3) utilizan el principio de codificación óptica explicado en la patente de los Estados Unidos US20100118123 A1 y, además, tanto las cámaras con base en TOF como las cámaras con base en triangulación o visión estéreo se  
40 pueden usar con igual éxito. Por lo tanto, la invención en cuestión no excluye la posibilidad de utilizar otros tipos de cámaras 3D las cuales no se basan en el principio de codificación óptica. Con la aplicación de las cámaras (1) y (2) 3D a la máquina (3) se logra la regulación del control del proceso de doblado automático, en donde el ordenador (7) recibe una vista tridimensional del área completa observada por las cámaras (1) y (2) 3D y el ordenador (7) distingue la información sobre el área donde se ubica el perfil (4). Es posible distinguir esta información utilizando las cámaras  
45 (1) y (2) 3D suponiendo que se conoce la distancia entre el perfil (4) y las cámaras (1) y (2) 3D. El procesamiento adicional de esta información calcula el doblado del perfil (4) en tiempo real. Las cámaras (1) y (2) 3D proporcionan una vista tridimensional al ordenador (7) y utilizando estos datos es posible recibir y determinar todas las distancias necesarias entre las cámaras (1) y (2) 3D y los puntos de interés observado en la máquina (3) y el perfil (4). Con las cámaras (1) y (2) 3D es posible medir la posición de los objetos observados, es decir, puntos en los tres ejes, definiendo así la distancia de cada punto de interés alrededor de la máquina (3) dimensionalmente y en el espacio. La aplicación de las cámaras (1) y (2) 3D permite un circuito de retroalimentación para una cantidad significativa de  
50 información que necesita el ordenador (7) para controlar y, posteriormente, corregir el proceso de doblado, si el procedimiento de doblado del perfil (4) no se realiza de acuerdo con el plan predeterminado. Al medir los puntos de interés en el área alrededor de la máquina (3), las cámaras (1) y (2) 3D detectan el perfil (4) durante el proceso de doblado como un estado medido actual el cual se compara con el ordenador (7) con el estado deseado. Posteriormente, el ordenador (7) determina la corrección necesaria utilizando las leyes de control convencionales (como la derivación proporcional-integral - regulación PID). El ordenador (7) corrige el proceso (303) de doblado para lograr una salida predeterminada al final del proceso de doblado, es decir, el perfil (4) doblado al ángulo, radio o  
55 diámetro predeterminados. Los parámetros predeterminados, ángulo, radio o diámetro se ingresan a través del terminal (13). Uno de los objetivos de la aplicación de las cámaras (1) y (2) 3D es la posibilidad de que el ordenador (7) prediga la posición paralela de las partes rectas del arco, logrando simultáneamente un ángulo, radio o diámetro predeterminados al final del proceso de doblado. La posición paralela de las partes rectas se logra mediante el ordenador (7) corrigiendo el proceso de doblado iniciado al doblar los 15° iniciales, utilizando una ley de control implementada, que define el valor de dx (20) al valor necesario con el fin de obtener una mitad del ángulo  
60 predeterminado total requerido al final del proceso de doblado en el centro de la zona (14) X. El mismo método de ajuste del valor de dx (20) se utiliza para lograr la posición paralela de las partes rectas del arco, ajustando el radio

en el punto medio de la zona (14) X al valor medio del radio total predeterminado, requerido al final del proceso de doblado. Al utilizar las cámaras (1) y (2) 3D, que representan el circuito de retroalimentación dentro del proceso de doblado, el ordenador (7) determina la posición actual del perfil (4) a lo largo del eje X durante el proceso de doblado, con base en la distancia que cambia entre el perfil (4) y los rodillos (8), (9), (10) y (25) y los puntos fijos de la máquina (3). Al utilizar las cámaras (1) y (2) 3D, el ordenador (7) calcula el ángulo formado entre las partes rectas en el lado izquierdo y derecho del arco, de acuerdo con la detección de la posición de los puntos (18) y (19) que son los puntos de doblado de inicio del perfil (4). Al utilizar las cámaras (1) y (2) 3D, el ordenador (7) determina qué tipo de material se dobla en la máquina (3), con base en la comparación del ángulo alcanzado entre las partes rectas del arco al doblar inicialmente  $15^\circ$  y el ángulo predeterminado del arco. Al usar esta información, el ordenador (7) determina el parámetro correctivo de elasticidad definido por el tipo de material que se dobla en la máquina (3). Al utilizar las cámaras (1) y (2) 3D, el ordenador (7) calcula la elongación del perfil (4) durante el proceso de doblado, con base en la diferencia entre la longitud calculada de la parte (12) de arco y la longitud medida actual de la parte (12) de arco definida por los puntos (18) y (19) en el perfil (4). Al utilizar las cámaras (1) y (2) 3D, el ordenador (7) determina la posición de los rodillos (8), (9), (10) y (25) que giran en la máquina (3) con base en la detección de la rotación y movimiento directo de los rodillos (15), (16), (17) y (26) auxiliares definidos en los bordes superiores de los rodillos (8), (9), (10) y (25). Al utilizar las cámaras (1) y (2) 3D, el ordenador (7) determina el punto (24) el cual representa el punto medio del perfil (4), con base en la detección de los puntos (22) y (23) definidos en cada extremo del perfil (4). Al utilizar las cámaras (1) y (2) 3D, el perfil (4) se posiciona automáticamente en el punto (24), definido como el punto medio del perfil (4) por el ordenador (7), al comienzo del proceso. Al utilizar las cámaras (1) y (2) 3D, el ordenador (7) define el punto (24), que también representa el punto medio del arco, con base en la detección de la posición de los puntos (18) y (19) definidos en ambos extremos de la parte (12) de arco que son los puntos de inicio del proceso de doblado para el perfil (4). La aplicación de las cámaras (1) y (2) 3D para detectar el perfil (4) permite que el ordenador (7) calcule el radio del arco durante el proceso de doblado, con base en el ángulo y la posición de los puntos (18) y (19) definidos en los extremos de la parte (12) de arco. Al utilizar las cámaras (1) y (2) 3D, el ordenador (7) calcula la cantidad de deslizamiento del perfil (4) en comparación con el codificador (11), con base en la diferencia entre la distancia recorrida por el perfil (4) medido por las cámaras (1) y (2) 3D y la distancia recorrida por el perfil (4) medida por el codificador (11). Al comparar estos dos valores, es posible calcular si y por qué cantidad se deslizó el perfil (4) en comparación con el codificador (11). La aplicación de las cámaras (1) y (2) 3D permite al ordenador (7) determinar la cantidad de deslizamiento del perfil (4) durante el proceso de doblado en comparación con los rodillos (8), (9), (10) y (25), con base en la diferencia de la distancia recorrida por el perfil (4) medida con las cámaras (1) y (2) 3D y la distancia recorrida por los rodillos (15), (16), (17) y (26) auxiliares junto con los rodillos (8), (9), (10) y (25) durante el proceso de doblado. De esta manera, al utilizar el circuito de retroalimentación, el movimiento del perfil (4) a través de la máquina (3) se determina y corrige si el perfil (4) se deslizó durante el proceso en comparación con los rodillos (8), (9), (10) y (25). Al utilizar las cámaras (1) y (2) 3D, el ordenador (7) obtiene información sobre los obstáculos (27) en el área alrededor de los rodillos (8), (9), (10) y (25), proporcionando así medidas de seguridad para el proceso de doblado y el operador que maneja la máquina (3). De esta manera, el proceso de doblado se puede detener temporalmente, cada vez que se detecte la mano del operador o un objeto que no es parte integral de la máquina (3) o el proceso en la zona crítica alrededor de los rodillos (8), (9), (10) y (25), en la misma altura que los rodillos. Aquí es importante subrayar que solo la utilización de las cámaras 3D puede proporcionar información inequívoca si el obstáculo (27) detectado se encuentra en la altura de interés, es decir, si la persona u objeto detectado representa un problema de seguridad para el operador y/o el proceso de doblado del perfil (4). Al utilizar las cámaras (1) y (2) 3D, el ordenador (7) recibe información sobre los obstáculos (27) alrededor del perfil (4) los cuales están en la misma altura o más altos que el perfil (4). Si las cámaras (1) y (2) 3D detectan el obstáculo (27) u objeto dentro de la distancia crítica a partir del perfil (4), la máquina (3) detiene temporalmente el proceso de doblado, suponiendo que el perfil (4) puede chocar con el objeto desconocido, lo que lleva a un error de detección de la longitud y posición del perfil (4), lo que potencialmente pone en peligro el proceso de doblado del perfil (4) y crea un riesgo de seguridad para el área circundante. Al utilizar las cámaras (1) y (2) 3D, el ordenador (7) calcula el ancho y la altura del arco o cuerda y la altura de la sección circular o segmento del círculo. El ordenador (7) calcula el ancho y la altura del arco con base en la información sobre el ángulo alcanzado del arco, el radio del arco y la posición de los puntos (18) y (19). Al utilizar las cámaras (1) y (2) 3D, el ordenador (7) detecta diferentes radios dentro de un arco, con base en la información sobre el ángulo alcanzado del arco y la posición de los puntos en la parte (12) del arco donde termina un radio y comienza otro. Al utilizar las cámaras (1) y (2) 3D, el ordenador (7) detecta la longitud actual de la parte (12) de arco durante el proceso de doblado, con base en la detección de los puntos (18) y (19) del perfil (4). Los puntos (18) y (19) representan los puntos de doblado iniciales del perfil (4), es decir, el punto donde termina la parte recta del perfil (4) y comienza la parte de arco. Al utilizar las cámaras (1) y (2) 3D, el ordenador (7) determina la posición inicial del perfil (4) antes de que comience el proceso de doblado, con base en la detección de la alteración del ángulo entre las partes rectas del perfil (4). El momento cuando se altera el ángulo entre las partes rectas del perfil (4) representa un punto de inicio del doblado del perfil (4). Tan pronto como el perfil (4) se dobla por  $2^\circ$ , el rodillo (10) se mueve hacia atrás en la misma distancia que causó la alteración del ángulo, determinando así el cero, es decir, la posición inicial del perfil (4). Al utilizar las cámaras (1) y (2) 3D, el ordenador (7) finaliza el proceso de doblado cuando se alcanza el ángulo, el radio o el diámetro predeterminados del arco, con base en la comparación del ángulo, el radio o el diámetro del arco detectados actualmente con el ángulo o radio predeterminados del arco realizado por el ordenador (7). Al utilizar las cámaras (1) y (2) 3D, el ordenador (7) determina la longitud total del perfil (4) antes de que se inicie el proceso de doblado, con base en la detección de los puntos (22) y (23) finales en el perfil (4). Al utilizar las cámaras (1) y (2) 3D y con la ayuda del ordenador (7), el codificador (11), es decir, el dispositivo para

5 medir la longitud del perfil (4), se calibra si ya se está utilizado por cualquier motivo en la máquina. La calibración del  
codificador (11) se realiza moviendo el perfil (4) de un extremo al otro y comparando el movimiento del perfil (4)  
detectado por las cámaras (1) y (2) 3D con el movimiento del perfil (4) medido por el codificador (11) usando el  
ordenador (7) y, con base a esta comparación, el ordenador (7) define la relación, es decir, el parámetro correccional  
entre estos dos dispositivos. La aplicación de las cámaras (1) y (2) 3D elimina la necesidad de utilizar el codificador  
(11), que se utiliza solo para medir la longitud del perfil (4) durante el proceso de doblado. Inmediatamente después  
de activar la máquina (3), las cámaras (1) y (2) 3D se calibran para que el ordenador (7) determine su posición  
exacta, la ubicación y el ángulo entre ellas, la máquina (3) y el perfil (4). Cuando se completa la calibración de las  
cámaras (1) y (2) 3D, el perfil (4) se define entre los rodillos (8), (9), (10) y (25). Las cámaras (1) y (2) 3D forman un  
10 circuito de retroalimentación durante el proceso de doblado donde el ordenador (7) calcula la velocidad de rotación  
de los rodillos (8), (9), (10) y (25), con base en la detección de la distancia recorrida por los rodillos (15), (16), (17) y  
(26) auxiliares definidos en los bordes de los rodillos (8), (9), (10) y (25). Al utilizar cámaras (1) y (2) 3D, el ordenador  
(7) calcula el ancho de un perfil que se dobla en la máquina (3), con base en la detección de la distancia entre los  
puntos en los bordes exterior e interior del perfil (4). Al utilizar las cámaras (1) y (2) 3D, el ordenador (7) define la  
15 forma de un perfil que se dobla en la máquina (3), de acuerdo con la vista tridimensional que detecta la forma y los  
contornos del perfil (4) en sus extremos. Con base en los datos recibidos anteriormente, al utilizar las cámaras (1) y  
(2) 3D, el ordenador (7) puede predecir y corregir el proceso de doblado del perfil (4) iniciado al doblar los 15°  
iniciales, si el proceso de doblado no se desarrolla de acuerdo con el plan predeterminado, con el objetivo de  
obtener el perfil (4) doblado al ángulo, radio o diámetro predeterminados como resultado final del proceso de  
20 doblado. Las cámaras (1) y (2) 3D controlan el proceso de doblado de acuerdo con los parámetros ingresados a  
través del terminal (13) antes del proceso de doblado. Cuando se dan los parámetros, el proceso de doblado  
automático se inicia de acuerdo con el régimen iterativo definido, lo que significa que el perfil (4) tiene que pasar por  
los rodillos (8), (9), (10) y (25) de doblado para un número predefinido de veces, donde los rodillos (10) y (25) se  
mueven gradualmente hacia el perfil (4) para una etapa (21) dy, por lo tanto, junto con los otros dos rodillos (10) y  
25 (25), lo que lleva a un doblado gradual del perfil (4). Si, al doblar los 15° iniciales, el proceso de doblado no se está  
desarrollando de acuerdo con el plan predeterminado, el ordenador (7) corrige el proceso de doblado a través de las  
leyes de control convencionales (como la derivada integral proporcionada – regulación PID) utilizando el valor actual  
de ángulo de 15° entre el lado izquierdo y el lado derecho del arco para corregir el valor de dx (20), que representa  
la distancia para la cual se acorta el movimiento del perfil (4) dentro de la parte (12) del arco cada vez en que el  
30 perfil (4) se mueve de izquierda a derecha y viceversa. El ordenador (7) calcula y corrige el dx (20) de modo que la  
mitad absoluta de la predeterminada, es decir, el ángulo esperado del arco se alcanza en el punto medio de la zona  
(14) X. De la misma manera, el ordenador (7) puede calcular la corrección del valor dx (20) con base en la detección  
del radio del arco al comienzo del proceso de doblado. La zona (14) X se define simétricamente en ambos extremos  
de la parte (12) de arco. Dentro de la zona (14) X, el rodillo (10) ejecuta el movimiento del valor de dy (21) hacia el  
35 perfil (4), simétricamente en el lado izquierdo y derecho del perfil (4). La longitud de la zona (14) X varía a partir de  
150 hasta 200 mm. La longitud de la zona (14) X depende del tipo de material y del ancho del perfil (4) doblado en la  
máquina (3). La aplicación de las cámaras (1) y (2) 3D en la máquina (3) dobladora con tres y cuatro rodillos (8), (9),  
(10) y (25) realiza el objetivo de la invención en cuestión, el objetivo es el control automatizado del proceso a partir  
del principio hasta el final, con el perfil (4) doblado al ángulo, radio o diámetro predeterminados.

40

**REIVINDICACIONES**

- 5 1. La aplicación de cámaras (1, 2) 3D durante el proceso de doblado de perfiles en la máquina dobladora con tres o cuatro rodillos proporciona una gestión controlada, regulación del control y corrección del proceso de doblado automatizado, en donde las cámaras (1, 2) 3D, fijadas a los soportes (5,6), se aplican a la máquina (3) dobladora con tres y cuatro rodillos (8, 9, 10, 25), proporcionando así una vista tridimensional del proceso de doblado donde cada punto de interés en la máquina (3) y el perfil (4) se define dimensionalmente y en el espacio y al usar las cámaras (1, 2) 3D, se detecta el perfil (4) durante el proceso de doblado, implementando así un circuito de retroalimentación entre el ordenador (7) el cual controla el proceso de doblado y el perfil (4) doblado en la máquina (3) con el objetivo de lograr la salida deseada al final del proceso de doblado, es decir, el perfil (4) doblado a un ángulo, radio o diámetro predeterminados.
- 15 2. La aplicación de las cámaras 3D de acuerdo con la reivindicación 1 en donde, además de las cámaras (1, 2) 3D, se usan una o más cámaras 3D adicionales para una detección más confiable del perfil (4).
3. La aplicación de las cámaras 3D de acuerdo con la reivindicación 1, en donde las cámaras (1, 2) 3D pueden ajustarse horizontalmente o en cierto ángulo con la máquina (3) con el objetivo de aumentar el campo de visión.
- 20 4. La aplicación de las cámaras 3D de acuerdo con la reivindicación 1, en donde el ordenador (7), que utiliza la detección del perfil (4) por las cámaras (1, 2) 3D, mide el ángulo formado por las partes rectas del lado izquierdo y derecho del arco, con base en la posición de los puntos (18) y (19) donde comienza el doblado del perfil (4).
- 25 5. La aplicación de las cámaras 3D de acuerdo con la reivindicación 1, en donde el circuito de retroalimentación que consiste en las cámaras (1, 2) 3D mide la posición de los rodillos (8, 9, 10, 25) que giran en la máquina (3), con base en la detección de la rotación y el movimiento directo de los rodillos (15, 16, 17, 26) auxiliares definidos en los bordes superiores de los rodillos (8, 9, 10, 25).
- 30 6. La aplicación de las cámaras 3D de acuerdo con la reivindicación 1, en donde el circuito de retroalimentación que consta de las cámaras (1, 2) 3D mide la posición del punto (24), que representa el punto medio del perfil (4), antes del proceso de doblado, con base en la detección de los puntos (22, 23) definidos en los extremos del perfil (4).
- 35 7. La aplicación de las cámaras 3D de acuerdo con la reivindicación 1, en donde el circuito de retroalimentación que consiste en las cámaras (1, 2) 3D mide el radio del arco alcanzado durante el proceso de doblado, con base en el ángulo familiar del arco y la posición familiar de los puntos (18, 19) definidos en los extremos de la parte (12) de arco.
- 40 8. La aplicación de las cámaras 3D de acuerdo con la reivindicación 1, en donde el circuito de retroalimentación que consiste en las cámaras (1, 2) 3D detecta los obstáculos (27) en el área alrededor de los rodillos (8, 9, 10, 25), y con base en esta detección, el proceso de doblado se detiene temporalmente cada vez que se detecta la mano de un operador o un objeto que no es parte integral de la máquina (3) o el proceso de doblado, dentro del área crítica alrededor y en la misma altura de los rodillos (8, 9, 10, 25).
- 45 9. La aplicación de las cámaras 3D de acuerdo con la reivindicación 1, en donde el circuito de retroalimentación que consiste en las cámaras (1, 2) 3D mide la altura y el ancho del arco durante el proceso de doblado, calculado por el ordenador (7) con base en la Información sobre el ángulo alcanzado del arco, radio y posición de los puntos (18, 19).
- 50 10. La aplicación de las cámaras 3D de acuerdo con la reivindicación 1, en donde el circuito de retroalimentación que consiste en las cámaras (1, 2) 3D detecta diversos radios dentro de un arco, calculados por el ordenador (7) con base en la información con respecto al ángulo alcanzado del arco y la posición de los puntos detectados en la parte (12) del arco donde termina un radio y comienza otro.
- 55 11. La aplicación de las cámaras 3D de acuerdo con la reivindicación 1, en donde el circuito de retroalimentación que consiste en las cámaras (1, 2) 3D determina la posición inicial de doblado del perfil (4) antes del proceso de doblado, con base en la detección de la alteración del ángulo entre las partes rectas del perfil (4) más grande que 2°, sobre el cual el rodillo (10) se devuelve a la misma distancia que causó la alteración mencionada del ángulo.
- 60 12. La aplicación de las cámaras 3D de acuerdo con la reivindicación 1, en donde el circuito de retroalimentación que consiste en las cámaras (1, 2) 3D finaliza el proceso de doblado cuando se logra el ángulo o radio predeterminados del arco, con base en la comparación del ángulo o radio detectados actuales con el ángulo o radio predeterminados del arco realizado por el ordenador (7).
- 65 13. La aplicación de las cámaras 3D de acuerdo con la reivindicación 1, en donde el circuito de retroalimentación que consiste en las cámaras (1, 2) 3D mide la longitud total del perfil (4) antes del proceso de doblado, con base en la detección de los puntos (22, 23) extremos en el perfil (4).

14. La aplicación de las cámaras 3D de acuerdo con la reivindicación 1, en donde el circuito de retroalimentación que consiste en las cámaras (1, 2) 3D mide el ancho del perfil (4) doblado en la máquina (3), con base en la detección de la distancia entre los puntos en los bordes exterior e interior del perfil (4).

Figura 1

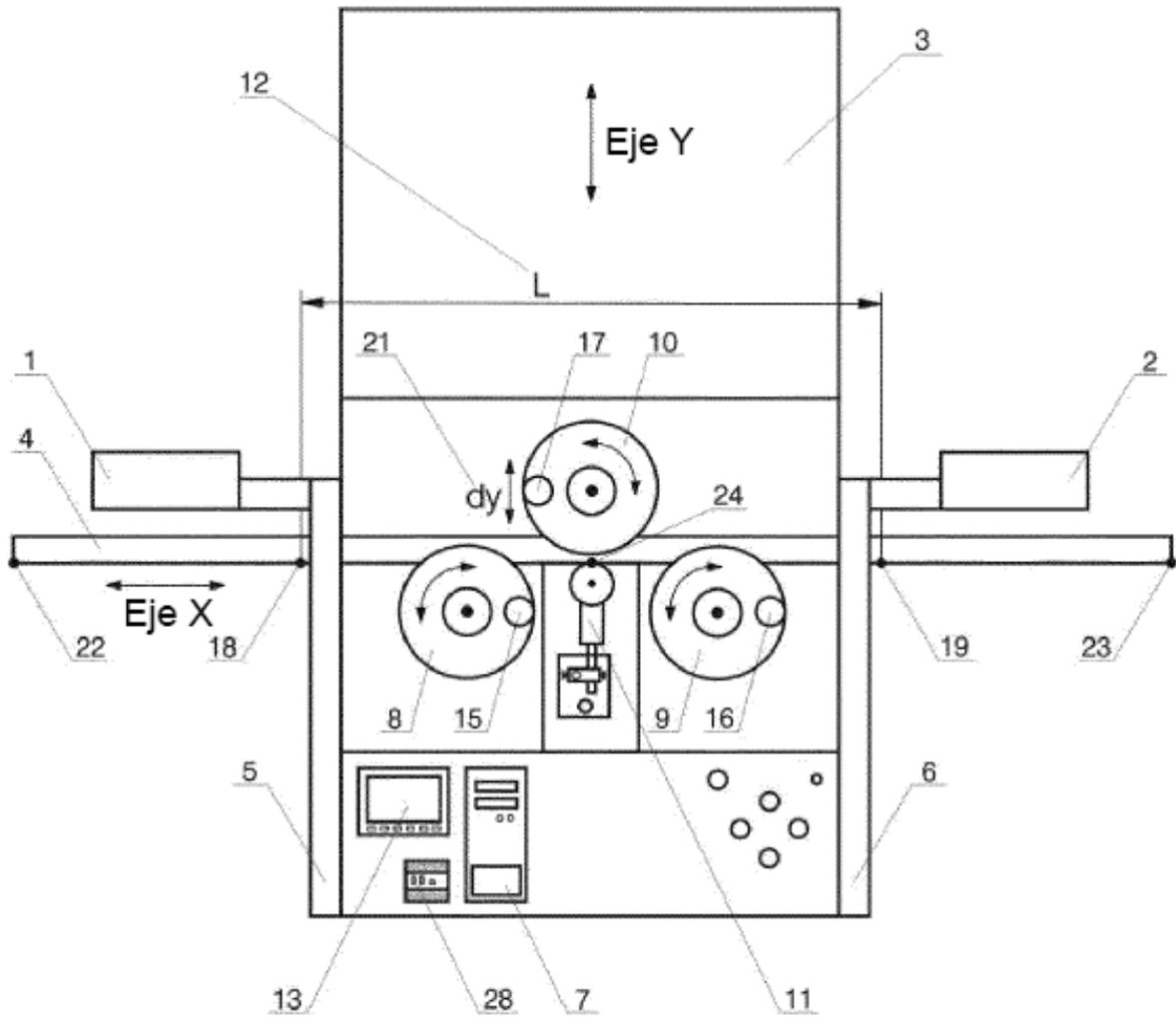


Figura 2

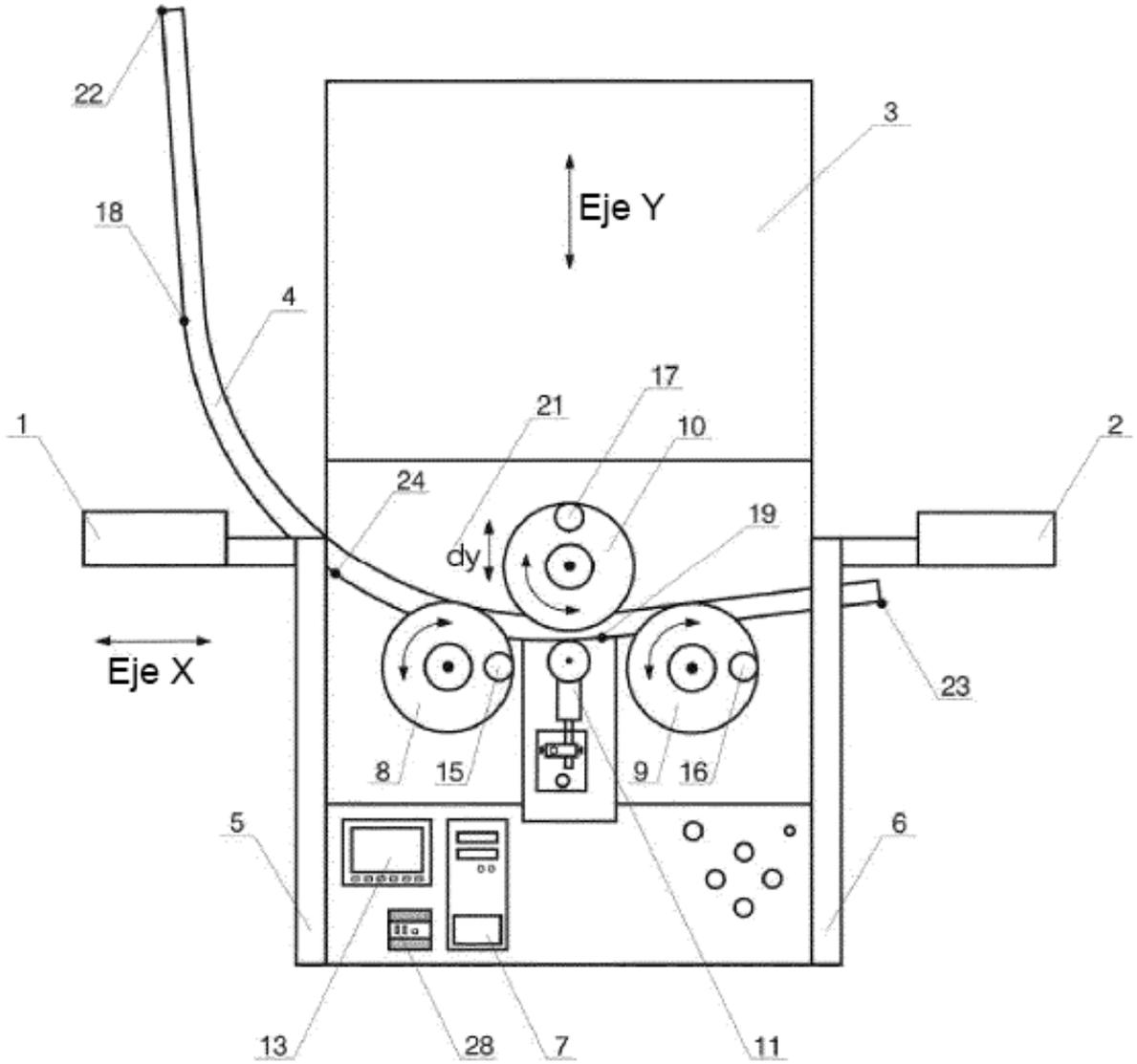


Figura 3

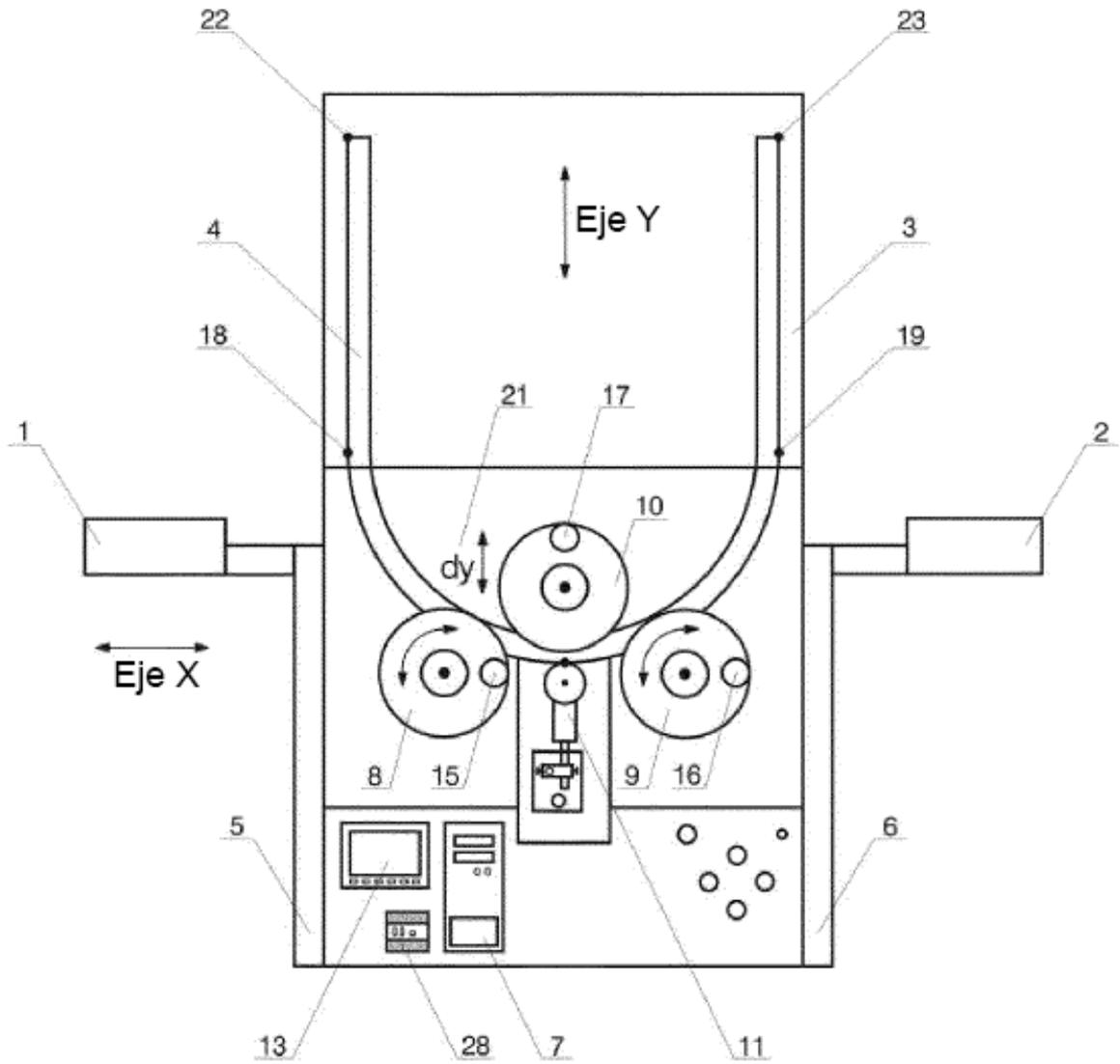


Figura 4

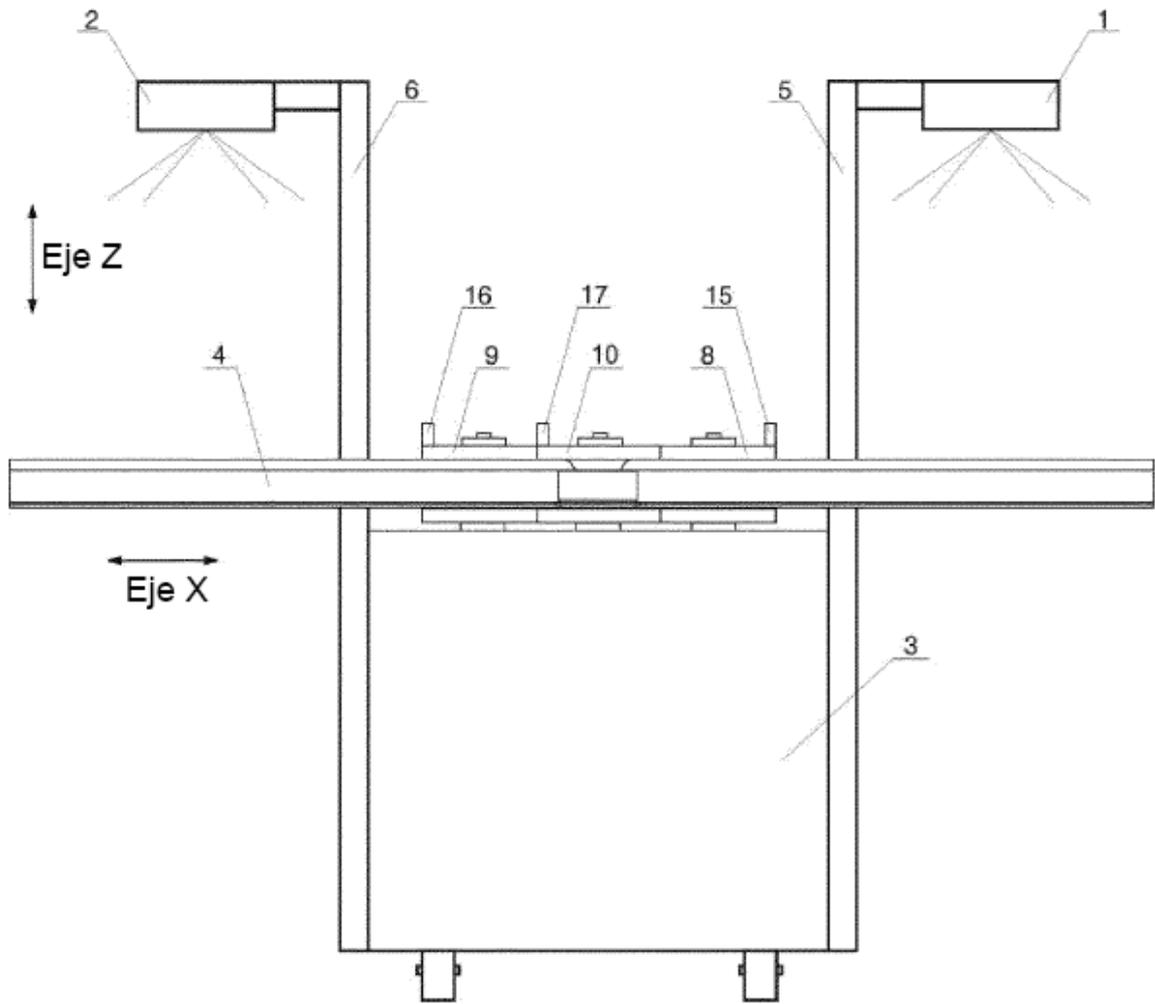


Figura 5

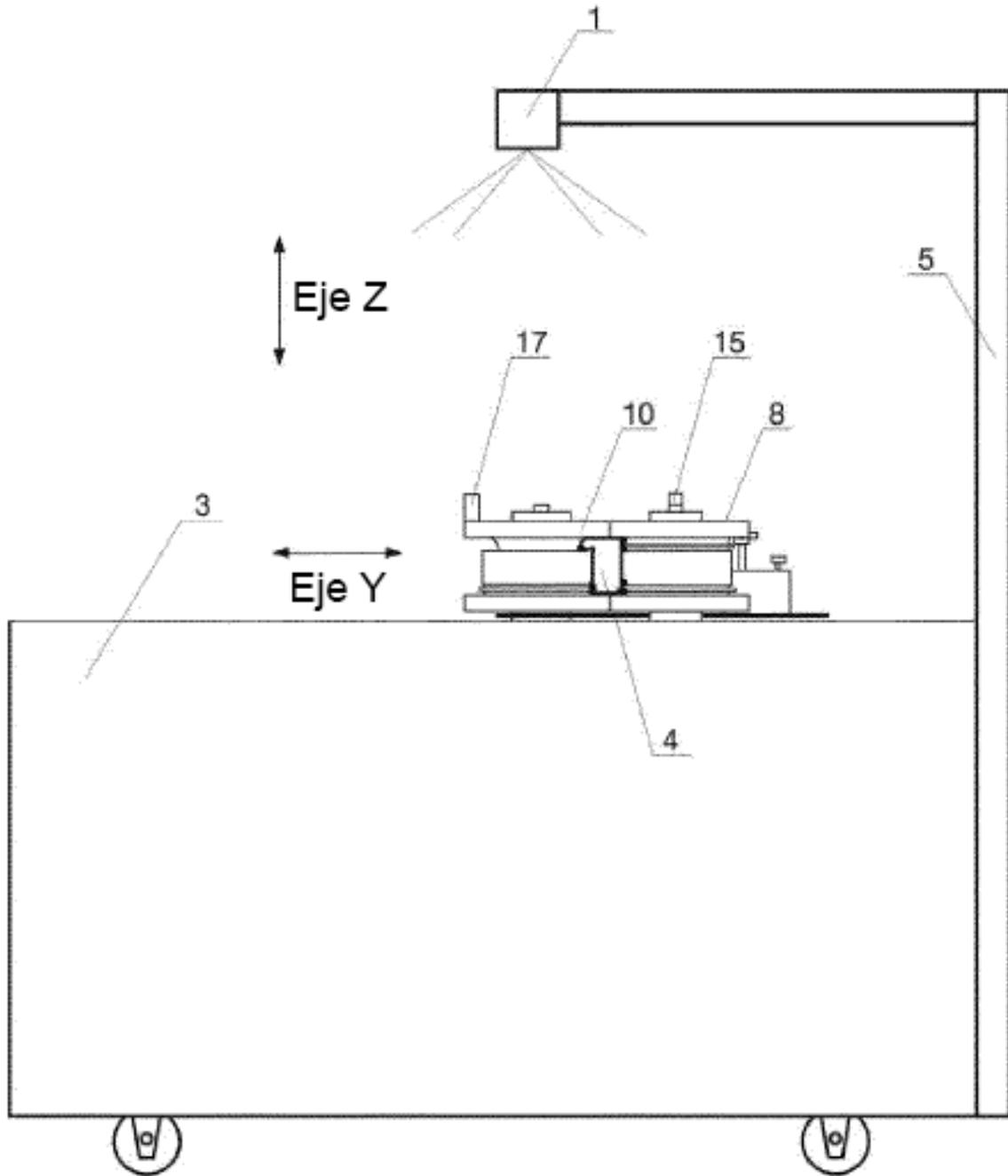


Figura 6

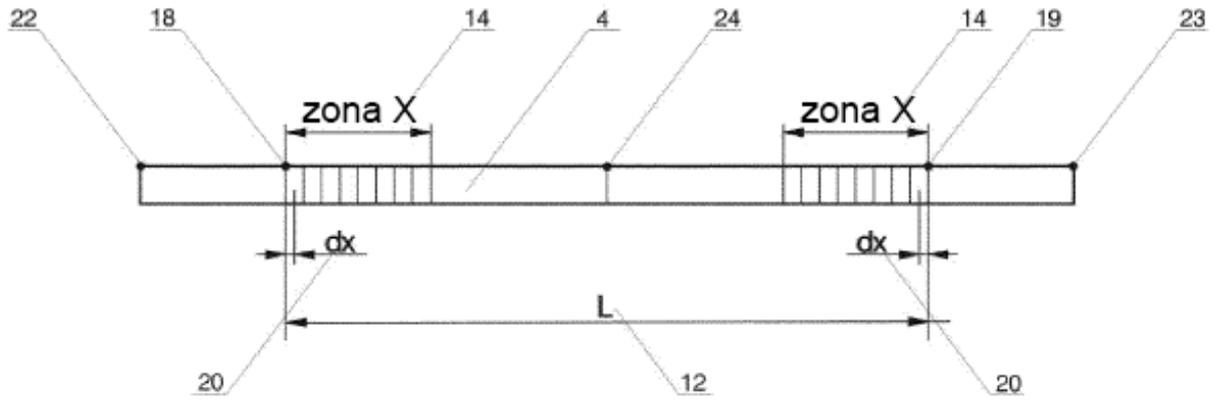


Figura 7

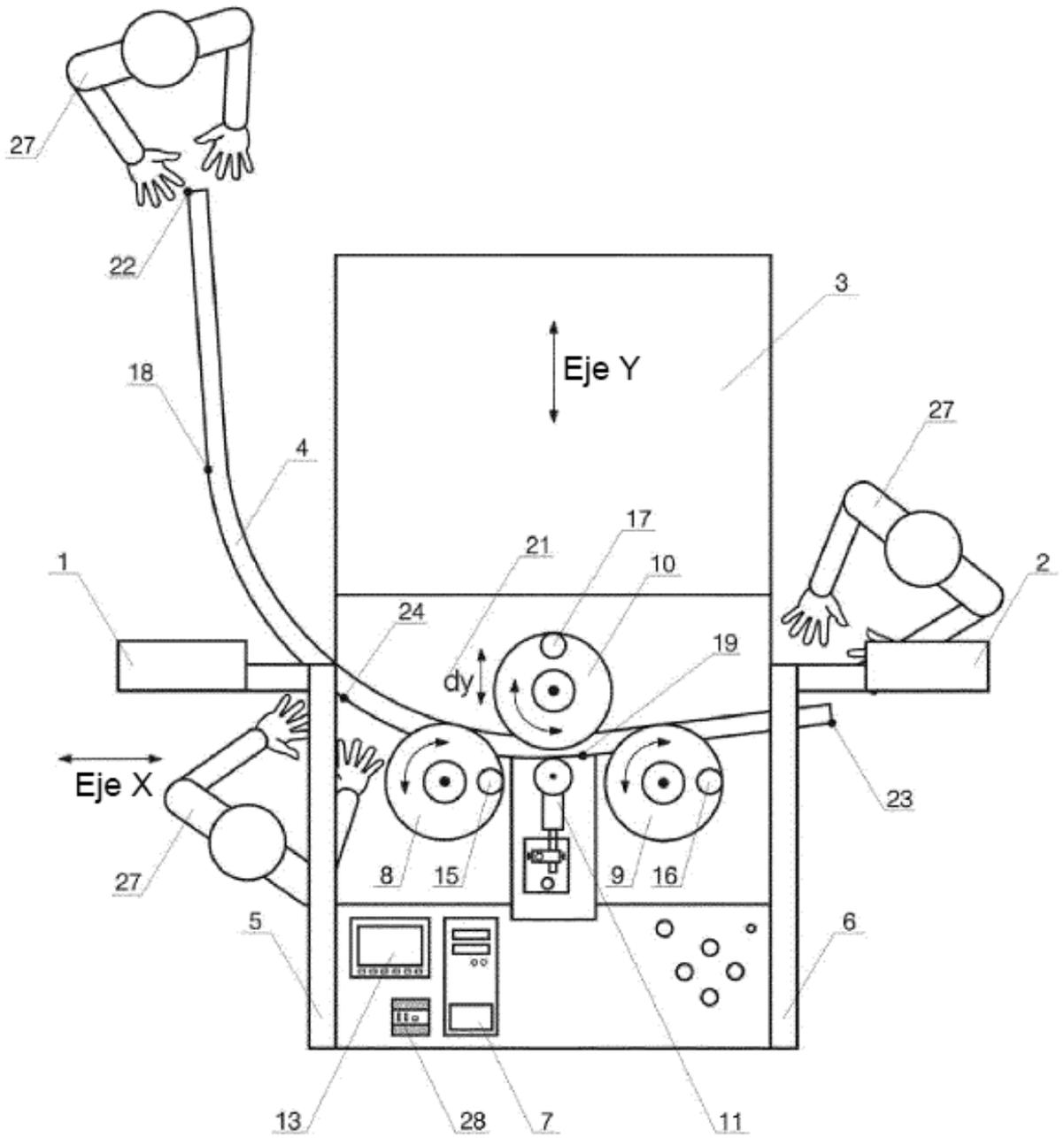


Figura 8

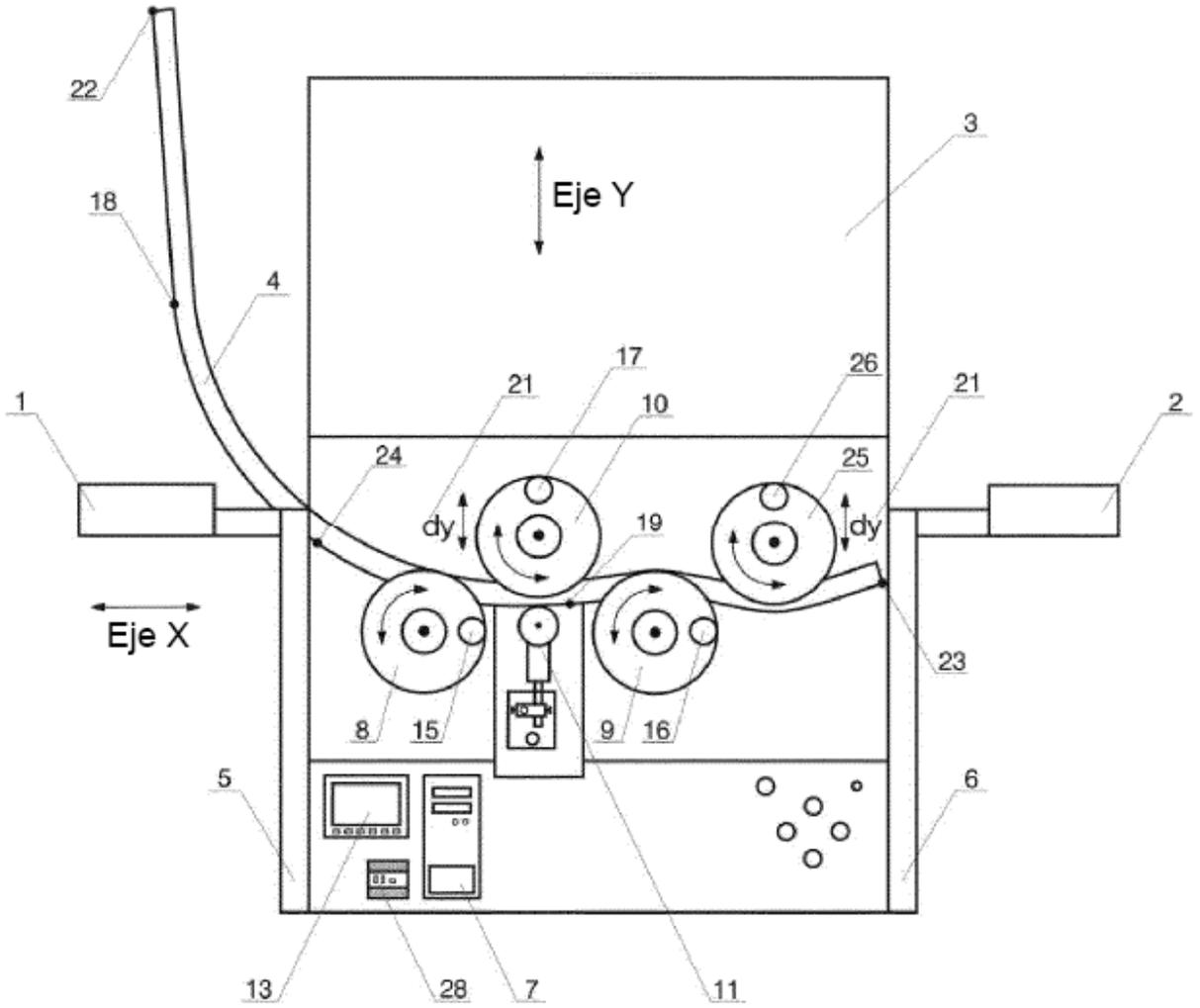


Figura 9

