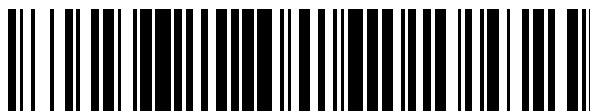


19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 387 299**

51 Int. Cl.:  
**B29C 67/00** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

- 96 Número de solicitud europea: **02763801 .4**  
96 Fecha de presentación: **27.09.2002**  
97 Número de publicación de la solicitud: **1429911**  
97 Fecha de publicación de la solicitud: **23.06.2004**

54 Título: **Impresora tridimensional y procedimiento para la fabricación de un objeto tridimensional**

30 Prioridad:  
**27.09.2001 US 325310 P**

45 Fecha de publicación de la mención BOPI:  
**20.09.2012**

45 Fecha de la publicación del folleto de la patente:  
**20.09.2012**

73 Titular/es:  
**3D Systems, Inc.  
333 Three D Systems Circle  
Rock Hill, SC 29730, US**

72 Inventor/es:  
**DAVIDSON, Thomas;  
PHILLIPS, Robert A.;  
HERNANDES, Andres T.;  
RUSSELL, David B.;  
ROCHE, Kevin;  
ZENGERLE III, Walter H.;  
BERLIN, Andrew;  
KINSLEY, Joshua P.;  
SWEET-BLOCK, Benjamin Daniel y  
KISAI, Darul**

74 Agente/Representante:  
**Carpintero López, Mario**

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).

ES 2 387 299 T3

## DESCRIPCIÓN

Impresora tridimensional y procedimiento para la fabricación de un objeto tridimensional

### Antecedentes

5 La formación de prototipos rápida describe diversas técnicas para la fabricación de un prototipo de tres dimensiones de un objeto a partir de un modelo informático del objeto. Una técnica es la impresión tridimensional en la que una impresora especial es utilizada para fabricar el prototipo a partir de una pluralidad de capas bidimensionales. En particular, una representación digital de un objeto en 3 – D es almacenada en una memoria informática. El software informático secciona la representación del objeto en una pluralidad de capas de 2 – D diferenciadas. Una impresora en 3 – D, a continuación, fabrica una capa de material para cada capa seccionada por el software. En conjunto, las  
10 diversas fabricadas forman el prototipo deseado.

Un aparato para construir una pieza tridimensional a partir de polvo incluye típicamente un suministro de polvo y una superficie de construcción. El polvo es transferido desde el suministro de polvo hasta la superficie de construcción en capas incrementales. En un procedimiento de impresión tridimensional, las capas de un material de polvo son depositadas en un área confinada. Una solución aglutinante es selectivamente depositada sobre cada capa para  
15 producir zonas de polvo aglutinado: un típico aparato para depositar el aglutinante es una cabeza de impresión por chorro de tinta. El polvo no aglutinado es a continuación retirado para obtener una pieza tridimensional.

El documento WO-A-95/34468 divulga un aparato para fabricar un objeto tridimensional y un procedimiento de fabricación de un objeto tridimensional que presenta las características distintivas del preámbulo de las reivindicaciones 1 y 10, respectivamente. El aparato y el procedimiento de la presente invención se caracterizan por  
20 las características distintivas de las partes reivindicadas de aquellas reivindicaciones. Características distintivas opcionales se desarrollan en las reivindicaciones dependientes.

### Sumario

El uso de polvo como material de construcción ofrece problemas potenciales. Debido a que el polvo puede fácilmente ser transportado por el aire, puede afectar negativamente a la maquinaria, al producto final o a las  
25 personas de los usuarios. El polvo puede ser transportado por el aire durante las diversas etapas del proceso de impresión: desde la carga de la máquina hasta su limpieza. Así mismo, la acumulación de polvo sobrante, ya sea o no transportado por el aire, puede conducir a problemas de mantenimiento dentro de la impresora. Las impresoras en 3 – D anteriores han presentado problemas de control del polvo.

La impresora tridimensional puede incluir un aparato que puede comprender un depósito de alimentación, un sistema de vacío, una cámara de construcción, y una cavidad de rebose. El depósito de alimentación almacena un suministro de material de construcción para formar el objeto. La cámara de construcción recibe las capas incrementales del material de construcción procedentes del depósito de alimentación. La cavidad de rebose recibe una cantidad sobrante del material de construcción transferida desde el depósito de alimentación pero no recibida por la cámara de construcción.  
30

El sistema de vacío puede tener su entrada comunicada con el depósito de alimentación. El sistema de vacío puede entonces ser utilizado para transferir el material de construcción hasta el interior del depósito de vacío desde diversas fuentes. Más concretamente, el sistema de vacío puede ser utilizado para aspirar el material de construcción hasta el interior del depósito de alimentación a través de un conducto fijado a la entrada del sistema de vacío.  
35

Por ejemplo, el sistema de vacío puede estar configurado para llenar el depósito de alimentación desde un recipiente de material de construcción. Ello puede así mismo incluir un dispositivo para inyectar aire dentro del recipiente del material de construcción. El sistema de vacío puede, así mismo, ser configurado para retirar el polvo suelto de la cámara de construcción después de que el objeto haya sido fabricado y para transferir el polvo suelto hasta el depósito de alimentación. El sistema de vacío puede, así mismo, ser configurado para vaciar la cavidad de rebose y transferir el material de construcción hasta el depósito de alimentación. El sistema de vacío puede, así mismo, ser configurado para limpiar el polvo depositado sobre o cerca del depósito de alimentación o de la cámara de construcción y hacer retornar el polvo limpiado hasta el depósito de alimentación. Cualquiera de los ejemplos referidos puede ser automatizado o realizado a mano por el usuario.  
40  
45

El aparato puede así mismo incluir un sistema para retirar partículas relativamente grandes de polvo y hacer retornar el polvo al depósito de alimentación. Este sistema puede inducir una acción ciclónica sobre una corriente de flujo de polvo y aire. La corriente de flujo puede pasar a través de un tamiz separador antes de entrar en el depósito de alimentación.  
50

El aparato incluye así mismo un filtro dispuesto dentro del sistema de vacío y un mecanismo de limpieza para limpiar el filtro. En el caso de una pluralidad de filtros, un mecanismo de limpieza puede entonces ser utilizado para limpiar los filtros. En particular, un flujo de aire invertido puede ser suministrado de manera secuencial a través de cada uno de los filtros. En ese caso, el mecanismo de limpieza podría incluir unas válvulas para cerrar la fuente de vacío sobre  
55

una salida de un único filtro para a continuación desviar el aire a una presión aproximadamente atmosférica hasta el interior de la misma salida, invirtiendo la dirección del flujo y venteando las partículas acumuladas. Otros filtros del sistema pueden ser utilizados para mantener el flujo de aire y el vacío dentro de la cámara de vacío mientras que uno o más de los filtros están siendo limpiados mediante un flujo de aire invertido.

5 No solo es difícil controlar la disipación del polvo, puede ser difícil transferir el polvo desde el suministro de polvo hasta el área de construcción. En primer lugar, el polvo resulta compactado en el suministro de polvo y tiende a aglutinarse dentro de las estructuras, como por ejemplo los puentes. En segundo lugar, puede ser difícil depositar el polvo en una capa lisa, lo que puede conducir a la existencia de defectos en las piezas. Por último, puede ser transferido demasiado polvo, lo que provoca derroches y contribuye a acumular el polvo sobrante y la cantidad de polvo transportado por el aire.

10 La impresora tridimensional puede incluir una cámara para almacenar el material de construcción por debajo del plano de la superficie de construcción y un transportador, el transportador puede estar acoplado a la cámara y, a continuación, ser utilizado para desplazar el material de construcción. Así mismo, el transportador puede remover el material de construcción dentro de la cámara con el fin de impedir la formación de puentes de material de construcción o de áreas estancadas.

15 Más en concreto, el transportador puede incluir una pluralidad de listones fijados a un tramo de una cadena transportadora, estando cada listón dimensionado para conducir una cantidad de material de construcción. Los listones pueden estar conformados para ser rígidos sin incrementar el volumen del material de construcción que puede ser suministrado por cada listón. En concreto, los listones pueden estar conformados para que el momento creado cuando son arrastrados a través del volumen de construcción tienda a envolver la cadena transportadora sobre un piñón dentado o sobre una polea. Así mismo, los listones pueden estar conformados para que el momento creado cuando la porción de transporte de polvo del listón sea arrastrado a través del polvo sea eliminado por el momento creado cuando el rigidizador es arrastrado a través del polvo. El sistema de transportador puede estar configurado para depositar el material de construcción delante de un rodillo esparcidor o una cuchilla rascadora, como por ejemplo mediante la alineación y orientación de los listones de troquel.

20 Un sistema de medición puede ser utilizado para regular la cantidad de material de construcción depositado. El sistema de transportador puede ser un tornillo sin fin dentro de un tubo o tubos. El tornillo sin fin puede a continuación ser rotado para levantar polvo desde el fondo del depósito de alimentación hasta el sistema de medición.

30 El sistema de medición puede comprender un cilindro dentro de un tubo de acoplamiento ajustado. En esta forma de realización, el cilindro puede presentar una cavidad para contener un volumen concreto del material de construcción y el tubo puede presentar una hendidura de entrada y una hendidura de salida. El cilindro puede entonces ser rotado por dentro del tubo para que el material de construcción entre en la cavidad y sea transportado hasta la hendidura de salida. Más concretamente, un espacio libre existente entre el cilindro y el tubo está dimensionado para restringir el flujo de polvo no deseado entre la hendidura de entrada y la hendidura de salida. Así mismo, una cuchilla fluctuante puede ser un contador rotatorio con el cilindro de medición para que la cuchilla fluctuante raspe el material de construcción retirándolo de la cavidad para impedir que el material de construcción se pegue dentro de aquél.

35 Diversos mecanismos pueden ser utilizados para romper los puentes y mantener el material de construcción fluyendo hasta el interior del sistema de medición. Por ejemplo, una rueda de paletas puede ser configurada para agitar el material de construcción por encima del sistema de medición. En otro ejemplo, un miembro vibratorio puede ser utilizado para agitar el material de construcción y puede ser acoplado a la cámara.

40 La impresora tridimensional puede incluir una cámara para almacenar el material de construcción por encima del plano de la superficie de construcción y un sistema de medición. El sistema de medición puede ser utilizado para regular la cantidad de material de construcción suministrada por el depósito de alimentación.

45 En particular, la medición puede comprender un cilindro instalado dentro de un tubo de acoplamiento ajustado. En esta forma de realización, el cilindro puede presentar una cavidad para contener un volumen específico de material de construcción y el tubo puede presentar una hendidura de entrada y una hendidura de salida. El cilindro puede entonces ser rotado dentro del tubo para que el material de construcción entre en la cavidad y sea transportado hasta la hendidura de salida. Más concretamente, un espacio libre existente entre el cilindro y el tubo está dimensionado para restringir el flujo de polvo no deseado entre la hendidura de entrada y la hendidura de salida.

50 Diversos mecanismos pueden ser utilizados para romper los puentes y mantener el material de construcción fluyendo hasta el interior del sistema de medición. En otro ejemplo, un miembro vibratorio puede ser utilizado para agitar el material de construcción y puede ser acoplado a la cámara.

55 La cámara y el sistema de medición pueden estar montados sobre un pórtico capaz de desplazarse a través de una cámara de construcción. El polvo puede ser medido sobre la cámara de construcción para formar una capa lisa. De modo específico, el polvo puede ser medido mediante un rodillo o una cuchilla rascadora para crear la capa lisa.

Una vez que la pieza tridimensional se ha realizado por medio de la impresión, está rodeada de polvo suelto. Ese polvo suelto debe ser retirado para dejar al descubierto el modelo impreso. De nuevo aquí se necesita una técnica para mitigar la diseminación de polvo suelto. Debido a que la mayor parte del polvo puede estar suelto, en lugar de unirlo formando la pieza ha un incentivo económico para reciclar el polvo suelto.

- 5 La impresora tridimensional puede incluir un aparato para retirar el polvo suelto de la superficie de un objeto impreso tridimensional. Un aparato específico puede incluir un recinto para contener el objeto, un soplante para crear un flujo de aire, al menos un filtro para retirar el polvo del flujo de aire, un sistema de conductos para canalizar el flujo de aire hasta el recinto, y una herramienta para soplar aire comprimido sobre el objeto.

- 10 Más en concreto, los conductos pueden dirigir al menos una porción del escape del soplante hacia abajo a través de la abertura del recinto para impedir que el polvo sea expulsado de la cabina. Así mismo, los conductos pueden dirigir al menos una porción del escape del soplante hacia abajo a través del recinto para eliminar los embolsamientos de aire estancado y generar un flujo de aire generalizado desde la parte superior hasta la inferior del recinto. El flujo de aire puede ser dividido entre la cortina de aire y el flujo hacia abajo generalizado desviando el flujo de aire a través de un conducto en el que exista muy poca caída de la presión.

- 15 Así mismo, el recinto puede ser parte constitutiva de la impresora en 3 – D y la retirada de polvo suelto se produce dentro del recinto que aloja la impresora en 3 – D. El aparato puede, así mismo, incluir un limpiador de retroimpulso para retirar el polvo del filtro y una cámara para recibir el polvo retirado. El polvo retirado del filtro puede ser automáticamente reciclado por un sistema de vacío integral.

- 20 Las cabezas impresoras de tipo por chorro de tinta son utilizadas para suministrar aglutinante a las capas de polvo. Otro problema de trabajar con polvo es que el polvo tiende a agruparse sobre las cabezas de impresión. Si se deja que el polvo se acumule durante un periodo considerable de tiempo, puede obturar los surtidores de los chorros. Por consiguiente, es necesario mantener limpias las cabezas de impresión. Así mismo, es necesario detectar los surtidores o las cabezas de impresión defectuosas y compensar el fallo.

- 25 La impresora tridimensional puede incluir un bastidor estructural, una cámara de construcción soportada por el bastidor y apropiada para ser llenada con un material de construcción, un pórtico montado para su desplazamiento a través de la cámara de construcción, una cabeza de impresión montada sobre el pórtico un elemento de limpieza de la cabeza de impresión para limpiar la cabeza de impresión y un sistema de limpieza para limpiar el elemento de limpieza de la cabeza de impresión.

- 30 En particular, el sistema de limpieza puede incluir un suministro de un fluido de limpieza y un mecanismo para sumergir el elemento de limpieza de la cabeza de impresión dentro del fluido de limpieza. Para potenciar la limpieza, el fluido de limpieza puede ser agitado mediante vibración ultrasónica o haciendo circular el fluido de limpieza con una bomba. Así mismo, puede ser inyectado aire dentro del fluido de limpieza para incrementar la agitación.

- 35 Estructuralmente, el elemento de limpieza de la cabeza de impresión puede ser montado sobre una correa amovible. El sistema de limpieza puede, así mismo, incluir un mecanismo para secar el elemento de limpieza de la cabeza de impresión a través de una superficie fija. La superficie fija puede ser humedecida con el fluido de limpieza. La superficie fija puede ser sumergida en el fluido de limpieza.

- 40 La impresora tridimensional puede incluir un bastidor estructural, una cámara de construcción soportada por el bastidor y apropiada para ser llenada con un material de construcción, un pórtico montado para su desplazamiento a través de la cámara de construcción, una cabeza de impresión montada sobre el pórtico y un detector de fallos de la cabeza de impresión para detectar si la cabeza de impresión está funcionando de manera apropiada.

- 45 Diversos mecanismos pueden ser utilizados en el detector de fallos de la cabeza de impresión. Por ejemplo el detector de fallos de la cabeza de impresión puede ser un detector óptico de goteo. En otro ejemplo, el detector de fallos de la cabeza impresora puede incluir una membrana sobre la cual las gotas son disparadas por la cabeza de impresión, de forma que las gotas pueden ser detectadas por un micrófono que detecta el impacto de las gotas sobre la membrana. Como otro ejemplo adicional, el detector de fallos de la cabeza de impresión puede incluir un elemento piezoeléctrico. Así mismo, en cualquier caso, el detector de fallos de la cabeza de impresión puede detectar el disparo de chorros individuales de la cabeza de impresión o de un grupo de chorros que están siendo disparados de forma simultánea.

- 50 Cuando la cabeza de impresión es una serie de más de una cabeza de impresión, el modo de accionamiento de la impresora puede ser alterado en respuesta a un fallo detectado de una cabeza de impresión. De modo específico, el proceso de impresión puede ser modificado para que se efectúe más de una pasada sobre cada área del objeto que está siendo impreso. Esto puede hacer posible que cada área del objeto sea impresa por más de un área de la serie de cabezas de impresión.

- 55 Cuando la cabeza de impresión es una serie de 4 o más cabezas de impresión, en la cual al menos una cabeza de impresión es alimentada con un aglutinante que contiene un colorante para cada una de las primarias, el modo de accionamiento de la impresora puede ser alterado en respuesta al fallo detectado de una cabeza de impresión. De

modo específico, la impresión puede ser modificada desde un modo de color hasta un modo monocromo de múltiples pasadas.

5 Cuando la cabeza de impresión es una serie de más de una cabeza de impresión, el modo de accionamiento de la impresora puede ser alterado en respuesta a un fallo detectado de una cabeza de impresión sobre un extremo de la serie. De modo específico, el modelo de impresión es modificado para que la anchura de la serie de cabezas de impresión sea redefinida.

Después de que la pieza es retirada de la masa de polvo, puede ser postprocesada. Una etapa de la fase de postprocesamiento es la infiltración. La infiltración implica la aplicación de una resina a una parte porosa. Las resinas son típicamente adhesivos que deben estar contenidos.

10 La impresora tridimensional puede incluir un aparato para la infiltración de un líquido dentro de una pieza impresora tridimensional. El aparato de infiltración puede incluir un recinto para contener la pieza, un sistema de filtrado para retirar los aerosoles infiltrantes, y un pulverizador para pulverizar el infiltrante sobre la pieza.

En particular, el recinto puede ser desechable. Un elemento de filtro puede, así mismo, ser incorporado dentro del recinto desechable.

15 El sistema de filtrado puede incluir un sistema para crear un flujo de aire a través de un elemento de filtro. El sistema para crear un flujo de aire puede ser una cabina y la envolvente puede ser un revestimiento desechable que impida que la cabina resulte revestida con el infiltrante.

20 El pulverizador puede incluir una bomba peristáltica, un tubo desechable, y una tobera de pulverización desechable. La tobera de pulverización puede ser una tobera de sifón que cree una pulverización de aerosol del infiltrante. La bomba peristáltica puede ser una bomba de dos cabezas y el infiltrante puede ser un material de dos componentes. Los dos componentes pueden ser mezclados en una cámara de mezcla antes de introducir la tobera de pulverización. Los componentes pueden, así mismo, ser bombeados a través de tubos separados, a la misma cadencia por la bomba. El material de dos componentes, en particular, puede presentar una relación de mezcla fija y los diámetros interiores de los tubos separados pueden ser fijos en la misma relación para que la relación de mezcla se mantenga.

25 Debe entenderse que los elementos de las formas de realización expuestas con anterioridad pueden combinarse de diversas formas y no son exclusivos de las formas de realización descritas.

### Breve descripción de los dibujos

30 Los expuestos y otros objetivos, características distintivas y ventajas de la Impresora Tridimensional se pondrán de manifiesto a partir de la más concreta descripción subsecuente de formas de realización específicas de la invención, de acuerdo con lo ilustrado en los dibujos que se acompañan, en los cuales los mismos caracteres de referencia se refieren a las mismas partes a lo largo de las diferentes vistas. Los dibujos no son necesariamente a escala, haciéndose por el contrario hincapié en la ilustración de los principios de la invención.

35 La Figura 1 es una relación esquemática de un aparato concreto para una formación de formación de prototipos rápida.

La Figura 2 es una vista en perspectiva del montaje de la impresora en 3 – D.

La Figura 3 es una vista en perspectiva de un alimentador concreto de polvo.

La Figura 4 es una vista en perspectiva de un subsistema de carga de polvo.

40 La Figura 5 es una vista esquemática del montaje de impresora en 3 – D de la Figura 2 con diversas piezas retiradas para poner de manifiesto la cámara de rebose.

La Figura 6 es una vista esquemática de otra forma de realización de la cámara de rebose de la Figura 5.

La Figura 7 es una vista esquemática de un separador de pedazo sueltos.

La Figura 8 es una vista esquemática de un sistema de filtro para el sistema de vacío de la Figura 3.

La Figura 9 es una vista esquemática de un mecanismo de suministro de polvo.

45 La Figura 10 es una vista más detallada de un listón 123 en el punto de goteo 128.

La Figura 11 es una vista en perspectiva de una forma de realización de un simple listón.

La Figura 12 es una vista en perspectiva de una forma de realización particular de un listón reforzado.

La Figura 13 es una vista esquemática de un sistema de transportador de la Figura 9 que suministra material de construcción en polvo a un sistema de medición separado.

Las Figuras 14A - 14B son vistas esquemáticas del sistema de medición de la Figura 13.

5 La Figura 15 es una vista esquemática de una forma de realización en la cual el depósito de alimentación 102 está enteramente por encima del plano de la superficie de construcción 202 y está integrado dentro de una unidad de impresora 200.

Las Figuras 16A - 16B son vistas esquemáticas de una estación de limpieza concreta 300.

La Figura 17 es una vista esquemática de otra forma de realización concreta de una estación de limpieza.

La Figura 18 es una vista esquemática de un detector de goteo para vigilar el estado de una cabeza impresora.

10 La Figura 19 es una vista esquemática de una cabina de despulverización concreta.

La Figura 20 es una vista cortada esquemática de la cabina de despulverización de la Figura 9.

La Figura 21 es una vista esquemática de un desviador concreto de la Figura 20.

La Figura 22 es una vista esquemática de una cabina de despulverización incorporada dentro de la unidad de impresora 200 de la Figura 15.

15 La Figura 23 es una vista esquemática de un revestimiento para la cabina de despulverización de la Figura 19.

La Figura 24 es una vista esquemática de un sistema para la aplicación de un infiltrante de resina mediante pulverización.

La Figura 25 es una vista esquemática de un sistema para pulverizar un filtrante de dos componentes.

La Figura 26 es una vista en sección transversal frontal de un pistón cerrado herméticamente.

20 La Figura 27 es una en sección transversal esquemática de un canalón de polvo.

La Figura 28 es una vista en sección transversal esquemática de una configuración de paleta magnética.

La Figura 29 es una vista esquemática de un suministro de aglutinador de alimentación por gravedad.

### Descripción detallada

25 La Figura 1 es un esquema de un aparato específico de formación de prototipos rápida. Tal y como se ilustra, hay un módulo digital 1, una computadora 10, un montaje de impresora 30 tridimensional (3 - D), un modelo físico 3 en 3 - D acabado de imprimir (verde), un sistema de postprocesamiento 50, y un modelo físico 5 en 3 - D completado.

30 El modelo digital 1 es una representación de datos de un objeto que va a ser impreso en 3 - D, esto es, un objeto digital que va a ser convertido en una entidad física tangible. Modelos digitales apropiados pueden ser creados utilizando unas aplicaciones software de Diseño Asistido por Computadora (CAD) o sistemas de escaneo en 3 - D, ambos disponibles en muchos suministradores diferentes. Los modelos digitales son almacenados en formatos industriales estándar, los cuales pueden ser transmitidos de forma electrónica e interpretados mediante programas de aplicación ejecutados en equipos informáticos estándar.

La computadora 10 puede ser una computadora personal, como por ejemplo una computadora de escritorio o una computadora portátil. La computadora puede ser una computadora autónoma o una parte de una red.

35 La computadora 10 ejecuta un programa 15 de aplicación de software personalizado, el cual lee unos archivos de modelo digitales, acepta la entrada de parámetros y referencias procedentes del usuario, lleva a cabo una serie de cálculos detallados y transmite al montaje 30 de impresora en 3 - D la información requerida para fabricar el modelo físico deseado. En particular, el programa 15 de aplicación permite que el usuario disponga uno o más modelos digitales dentro de un modelo virtual que representa el espacio de fabricación efectivo dentro de la impresora 30 en 3 - D. El programa 15 de aplicación divide el conjunto de modelos digitales en una pluralidad de capas bidimensionales (2 - D), cada una con un grosor predeterminado, las cuales son transmitidas a una circuitería 32 de control electrónico alojada dentro de la impresora 30 en 3 - D.

45 La impresora 30 en 3 - D utiliza un conjunto de cabezas de impresión 35 de tipo por chorro de tinta para depositar un líquido aglutinante 37 sobre capas sucesivas de un material 39 de construcción pulverizado, tal y como se divulga en la Patente estadounidense 5,902,441 de Bredt et al. donde el líquido aglutinante 37 se combina con el material 39 de construcción pulverizado, el polvo reacciona y se endurece. Controlando el desplazamiento de las gotículas de aglutinante procedentes de estas cabezas de impresión, la estructura sólida de la sección transversal en 2 - D puede ser físicamente reproducida. La impresora en 3 - D fabrica una capa física para cada capa seccionada suministrada

por el programa 15 de aplicación. Cuando ha sido procesado el conjunto completo de secciones transversales en 2 - D, se ha constituido un modelo físico 3 en 3 - D. El modelo en esta fase es designado como "verde" para indicar un estado acabado de imprimir, antes del postprocesamiento. Detalles ulteriores de la aglutinación de un polvo para constituir un objeto se divulgan en la Patente estadounidense No. 5,340,656 de Sachs et al. y 5,387,380 de Cima et al.

El sistema de postprocesamiento 50 puede ser utilizado para obtener los modelos físicos completados 5 mejorando el aspecto y las propiedades físicas de los modelos físicos verdes 3. El sistema de postprocesamiento 50 puede, de manera opcional, incluir un subsistema de transporte 52 para manipular y transportar los modelos impresos, un subsistema de secado 54 para secar completamente los modelos físicos, un subsistema de despulverización 56 para retirar completamente el material de construcción pulverizado residual de los modelos impresos, y un subsistema de infiltración 58 para revestir e infiltrar los modelos impresos con diversas sustancias.

La Figura 2 es una vista en perspectiva del montaje de impresora en 3 - D de la Figura 1. Sus submontajes constituyen un alimentador 100 de polvo y una unidad impresora 200. El alimentador 100 de polvo y la impresora 200 pueden ser fácilmente desacoplados uno respecto a otra para su transporte, servicio y limpieza. Así mismo, el usuario tiene la opción de mantener varios alimentadores 100 intercambiables de polvo para su uso en una sola unidad impresora 200, obteniendo cada alimentador un material de construcción en polvo diferente para facilitar el cómodo intercambio de un material con otro.

La descripción que sigue describe una características distintivas del montaje 30 de impresora en 3 - D. Los encabezamientos pretenden servir de guía al lector y no deben ser considerados como limitativos de la invención reivindicada.

#### **Alimentador de polvo**

La Figura 3 es una vista en perspectiva de un alimentador concreto de polvo. El alimentador 100 de polvo incluye un subsistema de vacío 110 con una entrada de vacío asociada 112, un depósito de alimentación 102, que almacena un suministro del material 39 de construcción pulverizado (Figura 1), y un sistema de medición 170 el cual suministra un material de construcción pulverizado a la unidad impresora 200 en cantidades medidas. Los párrafos subsecuentes describen con detalle el diseño y el funcionamiento del alimentador 100 de polvo y sus submontajes.

#### **Sistema de vacío**

La carga de polvo puede ser un proceso complicado y poco agradable que puede provocar que parte del polvo resulte aventado y permitir que el polvo se deposite en la impresora, el usuario y el entorno circundante. Problemas similares existen con el reciclaje del polvo que no ha sido impreso. Hay dos tipos de polvo reciclable: 1) el polvo que fue depositado en al cámara de construcción pero que no fue utilizado para constituir una pieza; y 2) el polvo sobrante utilizado para el proceso de diseminación con el fin de asegurar que se ha depositado una capa completa; este polvo sobrante en último término cae dentro de la cámara de rebose. Ambos tipos de polvo presentan las mismas dificultades de reciclado.

La Figura 4 es una vista en perspectiva de un subsistema de carga de polvo. El subsistema carga el depósito de alimentación 102 con el material 39 de construcción en polvo. Como en la Figura 3, un sistema de vacío 110 está fijado al depósito de alimentación 102 (otras formas de realización podrían incluir un sistema de vacío separado). El sistema de vacío 110 constituye la parte superior del alimentador 100 de polvo. El depósito de alimentación 102 es llenado mediante la aspiración del material de construcción pulverizado desde un recipiente de transporte 9 hasta el interior del depósito de alimentación a través de un tubo flexible 111 de vacío acoplado a la entrada de vacío 112. esto permite que el usuario llene el depósito sin entrar en contacto con el polvo.

Así mismo, puede ser inyectado aire dentro del recipiente 9 (el cual podría ser el recipiente en el cual el polvo es transportado desde su lugar de fabricación) a través de un tubo flexible 101 de aire comprimido. El aire comprimido ayuda a vaciar el polvo del recipiente haciendo que el polvo fluya con mayor facilidad. Esta técnica puede ser automatizada para que el depósito de alimentación 102 mantenga un depósito con la suficiente cantidad de material de construcción.

Un sistema de vacío que incorpore una salida que descargue dentro del depósito de alimentación de la impresora en 3 - D resuelve muchos problemas. Consiguiendo que el proceso sea más limpio, la satisfacción del usuario se incrementa y la máquina se hace más fiable porque se genera menos polvo transportado por el aire que puede contaminar los componentes de la máquina (por ejemplo el cojinete y el sistema electrónico). Haciendo el proceso más cómodo (se requieren menos tiempo y menor interacción por parte del usuario) la satisfacción del usuario y la productividad se incrementan.

Una vez que un modelo físico se ha constituido mediante el proceso de impresión en 3 - D, es necesario separar el modelo del polvo no impreso (descrito más adelante). Así mismo, es conveniente reutilizar el polvo no impreso. Para alcanzar estos objetivos, el sistema de vacío 110 puede ser utilizado para retirar la mayoría del polvo del modelo impreso 3 (Figura 1).

Así mismo, cuando el usuario ha retirado el modelo 3 de la impresora, el usuario puede utilizar el sistema de vacío 110 para transportar dentro del depósito de alimentación 102 el resto del polvo existente en la cámara de alimentación y cualquier cantidad de polvo que haya sido depositado (por accidente o adrede) en cualquier parte de la impresora. En particular, en el proceso de impresión de un modelo físico, la impresora 200 en 3 - D extiende sucesivas capas de material de construcción pulverizado de la manera divulgada en la patente estadounidense No. 5,902,441 de Bredt et al., depositando una cantidad por término medio de aproximadamente un 20% de la cantidad total diseminada dentro de una cámara de rebose. Otro uso específico del sistema de vacío 110 es devolver el material de construcción pulverizado depositado en la cámara de rebose en la cámara de alimentación 102.

La Figura 5 es una figura esquemática del montaje de impresora en 3 - D de la Figura 2 de la que se han retirado diversas piezas para dejar al descubierto la cámara de rebose 230. En la forma de realización específica mostrada en la Figura 5, la cámara de rebose 230 está conectada mediante una conducción 113 y una válvula 114 a la entrada de vacío 112. Cuando el sistema de vacío 110 es activado, el material de construcción en polvo procedente de la cámara de rebose 230 es activado hasta el interior de la conducción 113 y, desde allí, hasta el interior del depósito de alimentación 102. Una abertura 115 está dispuesta en la válvula 114 para permitir que un tubo flexible de vacío sea fijado para llevar a cabo las funciones de llenado y limpieza descritas con anterioridad. Para utilizar un tubo flexible de vacío conectado a la abertura 115, la válvula 114 se ajusta para bloquear la conexión a través de la conducción 113 hasta la cámara de rebose 230 y abrir la conexión de la abertura 115.

La Figura 6 es una vista esquemática de otra disposición de la cámara de rebose de la Figura 5. Tal y como se muestra, la cámara de rebose 230 presenta una salida 235 de la cámara de rebose permanentemente fijada en su extremo inferior. Para vaciar la cámara de rebose 230, el usuario fija un tubo flexible de vacío en un extremo de la salida 235 de la cámara de rebose y en el otro extremo a la cámara de vacío 112 del sistema de vacío 110 (Figura 3). El sistema de vacío 110 es a continuación activado, y el material de construcción pulverizado es transportado desde la cámara de rebose 230 hasta el depósito de alimentación 102.

Si la entrada 112 del sistema de vacío 110 está conectada directamente al depósito de alimentación 102, materias extrañas pueden entrar en el depósito de alimentación. Si las materias extrañas son similares al tamaño al material de construcción pulverizado (por ejemplo, polvo) las materias extrañas pueden no tener ningún efecto detectable en la impresora en 3 - D o en el proceso de impresión en 3 - D. Si entran partículas o pedazos de gran tamaño en el depósito de alimentación, sin embargo, estos pedazos pueden dañar el mecanismo o, si pasan a través del depósito de alimentación y se depositan en la cámara de construcción, pueden dañar el modelo físico que está siendo impreso.

La Figura 7 es una vista esquemática de un separador de pedazos sueltos. Tal y como se muestra el separador 120 de pedazos está situado entre la entrada 112 del sistema de vacío y el depósito de alimentación 102. El separador 120 provoca que el aire, el material de construcción pulverizado y cualquier material extraño que entre en la entrada 112 para seguir una trayectoria 122 de flujo del aire genéricamente circular alrededor del interior del dispositivo. El material de construcción pulverizado y el aire pasan hacia arriba a través del tamiz separador 125 abandonando el separador 120, y entrando en el depósito de alimentación 102. Cualquier material arrastrado en el flujo de aire 122 que sea demasiado grande para pasar a través del tamiz 125 continúa circulando alrededor del interior del dispositivo. Esta acción de recirculación tiende a romper y desgastar cualquier pedazo de materia extraña haciendo posible que parte de esta materia pase en último término a través del tamiz 125. Una placa frontal 127 del separador 120 puede ser retirada para ofrecer un orificio de acceso de retirada de los residuos acumulados.

La Figura 8 es una vista esquemática de un sistema de filtros para el sistema de vacío de la Figura 3. Tal y como se muestra, el sistema de vacío 110 incluye dos filtros 118-A, 118-B situados dentro del depósito de alimentación 102 para impedir que las partículas finas (como por ejemplo el material de construcción pulverizado) que son recogidas por el sistema de vacío 110 sean expulsadas a la habitación. El experto en la materia advertirá que los filtros estarán revestidos con material de construcción pulverizado y que este revestimiento emitirá el flujo de aire a través del filtro reduciendo el diferencial de presión generado en la entrada de vacío 112. El sistema de filtros es utilizado para limpiar los filtros.

Un sistema de válvulas 119-A, 119-B cierra la fuente de vacío hasta una salida única de los filtros y desvía el aire a o cerca de la presión atmosférica hasta el interior de la misma salida, invirtiendo la dirección del flujo y venteando el polvo acumulado, el cual, a continuación, cae dentro del depósito de alimentación 102. El otro filtro del sistema mantiene el flujo de aire y el vacío dentro del depósito de alimentación 102 para inducir este flujo de aire. Este ciclo de purga es periódicamente repetido a través de cada elemento de filtro. De esta manera los filtros pueden ser limpiados sin intervención por parte del usuario y sin que se requiera que el usuario detenga la utilización del sistema de vacío mientras los filtros son automáticamente limpiados.

Alimentación de polvo

La función principal del alimentador 100 de polvo es suministrar material de construcción pulverizado a la unidad impresora 200 en 3 - D en cantidades medidas de acuerdo con lo exigido por el proceso de impresión.



La Figura 9 es una vista esquemática de un mecanismo de suministro de polvo. El depósito de alimentación 102 tiene en concreto una capacidad volumétrica de aproximadamente  $0,24 \text{ cm}^3$  o el suficiente material de construcción pulverizado para imprimir 1,75 de los modelos físicos mayores posibles dentro de la unidad impresora 200. El mecanismo 120 de suministro de polvo incluye un transportador 122 que incorpora unos listones 123 fijados sobre dos tramos de la cadena transportadora. El transportador es accionado por un motor eléctrico y se desplaza de forma recirculante en la dirección indicada por las flechas. Los listones 123 pasan a través del material 39 de construcción pulverizado existente en el depósito de alimentación 102, y cada listón 123 conduce parte del material 39 de construcción pulverizado hasta un punto situado por encima del plano de la superficie de construcción 202. Cuando los listones 123 pasan por encima de una rueda dentada motriz 125 son invertidos en un punto de goteo 128, y el material de construcción pulverizado es vertido sobre la superficie de construcción 202 en posición para ser extendido por encima de la superficie del modelo físico que está siendo impreso. La Figura 10 es una vista más detallada de un listón 123 en el punto de goteo 128. El sistema mostrado en la Figura 9 presenta la ventaja añadida de que los listones se están continuamente desplazando a lo largo de la periferia del depósito de alimentación 102. Al hacerlo el movimiento de los listones 123 agita el volumen de polvo e impide que se formen puentes o áreas de polvo estancador. Es conveniente evitar las áreas estancadas porque el polvo en estas áreas no puede ser extraído del depósito de alimentación por el sistema transportador 122. Dichas áreas estancadas representan polvo desechado porque dicho polvo no puede ser utilizado durante el funcionamiento normal del transportador de alimentación.

Para un depósito con una gran cantidad de polvo, la fuerza aplicada sobre los listones 123 que son arrastrados a través del depósito por el transportador 122, puede ser muy grande. La geometría de los listones puede ser alterada para rigidizarlos en la medida suficiente para hacer posible que se desplace a través del material de construcción pulverizado sin deformarse de manera permanente.

La Figura 11 es una vista en perspectiva de una disposición de un simple listón. El listón 123 incluye un pie 124 y está conectado a las dos cadenas transportadoras 122-A, 122-B. Este listón suministra un volumen óptimo de material de construcción pulverizado pero puede ser demasiado débil para soportar las cargas aplicadas sobre él. El pie puede ser reforzado para obtener una mayor rigidez.

La Figura 12 es una vista en perspectiva de una disposición concreta de un listón reforzado. El mismo listón 123 incluye un miembro de rigidización adicional 126 que añade resistencia al miembro, sin incrementar la cantidad de material de construcción pulverizado que suministra. El polvo es conducido sobre la superficie 123-S del listón 123. Esta configuración presenta una ventana adicional en el sentido de que el momento creado por la resistencia del polvo envuelve la cadena 122-A, 122-B sobre sus poleas o ruedas dentadas. Un momento en la dirección opuesta tiende a provocar que la cadena se atasque y que no se deslice alrededor de la polea o de la rueda dentada.

#### Medición del polvo

La Figura 13 es una vista esquemática de un sistema transportador de la Figura 9 que suministra el material de construcción pulverizado a un sistema de medición separado. El sistema de medición 130 regula el flujo de material de construcción pulverizado hasta el interior de la impresora en 3 - D.

Las Figuras 14A - 14B son vistas esquemáticas del sistema de medición de la Figura 13. Con referencia a la Figura 14A, un rodillo de medición cilíndrico 133 está encerrado por un tubo 134 de acoplamiento ajustado. El rodillo de medición 133 presenta cuatro surcos auxiliares en su superficie, los cuales constituyen las cavidades de medición 135-A, 135-B, 135-C y 135-D. El tubo 134 presenta una hendidura de entrada 136 y una hendidura de salida 137. Cuando el rodillo de medición 133 rota por dentro del tubo 134, el material de construcción pulverizado entra en una cavidad de medición 135-A a través de la hendidura de entrada 136. Cuando el rodillo de medición 133 continúa rotando, el material de construcción pulverizado es capturado entre el rodillo de medición 133 y el tubo 134 y es conducido girando hasta la hendidura de salida 137, en donde es descargado sobre la superficie de construcción 202 (Figura 13).

El espacio libre existente entre el rodillo de medición 133 y el tubo 134 es aproximadamente de  $0,038 \text{ cm}$ , el cual se ha determinado como suficientemente amplio para hacer posible que el rodillo de medición 133 rote libremente pero lo suficientemente pequeño para impedir el flujo radial no deseado de polvo entre la hendidura de entrada 136 y la hendidura de salida 137. Las cavidades de medición 135 contienen cada una aproximadamente  $49 \text{ cm}^3$  de material de construcción pulverizado, que es igual al material requerido para el incremento deseable más pequeño del grosor de la capa. Ello hace posible que sea suministrada una cantidad de material de construcción pulverizado coherente con cualquier grosor de capa deseado haciendo que el rodillo de medición 133 rote hasta que el número asociado de cavidades de medición 135 haya recogido y suministrado material de construcción pulverizado.

Así mismo, se muestra un agitador 138 de rueda de paletas, el cual remueve el material de construcción pulverizado por encima del rodillo de medición 133 para romper los puentes y mantener fluyendo el material de construcción pulverizado hasta el interior de la cavidad de medición 135.

Una cuchilla oscilante 139 rota en la dirección opuesta del rodillo de medición 133. Cuando una cavidad de medición 135 que contiene material de construcción pulverizado entra en la hendidura de salida 137, la cuchilla oscilante 139

barre el material de construcción pulverizado sacándolo de la cavidad de medición 135. Esta técnica impide la variación de la cantidad del material de construcción pulverizado suministrada, incluso cuando los materiales son pegajosos o tienen tendencia a formar puentes.

5 La Figura 15 es una vista esquemática de una disposición en la cual el depósito de alimentación 102 está enteramente por encima del plano de la superficie de construcción 102 e integrado dentro de una unidad impresora 200'. El polvo es medido con arreglo al depósito de alimentación 202 sobre el plano de la superficie de construcción 202 y diseminado sobre un cajón de construcción 220 mediante el pórtico 210. El polvo es a continuación impreso mediante una cabeza de impresión o un conjunto 205 de cabezas de impresión. En esta forma de realización, el sistema de medición podría estar situado en la parte inferior del depósito de alimentación y alimentado por la fuerza de la gravedad. En otras disposiciones, el sistemas de medición podría estar situado en la parte inferior del depósito de alimentación y el depósito incluiría una rueda de paletas o unos mecanismos vibratorios para asegurar la entrada del flujo de polvo en el sistema de medición si el polvo es de un tipo propenso al aglutinamiento o a formar cavidades.

15 Aunque el polvo puede ser suministrado en un lado de la cámara de construcción y a continuación diseminado por la cámara de construcción por un rodillo, el depósito de alimentación puede estar conectado sobre el pórtico 210, el cual es capaz de desplazarse por la cámara de construcción. El polvo podría ser medido con arreglo al depósito de alimentación y depositado directamente sobre la cámara de construcción 220 a medida que el pórtico se desplazara por esta. En una forma de realización de este tipo, podría ser utilizado un rodillo o una cuchilla rascadora para alisar y nivelar la superficie después de que el depósito de alimentación pasara por encima.

## 20 Cabeza de impresión

Limpieza de las cabezas de impresión

La unidad impresora 200 en 3 - D utiliza un conjunto de cabezas de impresión por chorro de tinta para distribuir de manera selectiva un material aglutinante sobre capas sucesivas de material de construcción pulverizado, endureciendo de manera selectiva el material de construcción y formando los modelos típicos en 3 - D. Esta técnica se divulga con detalle en, por ejemplo, la Patente estadounidense No. 5,902,441 de Bredt et al. Un aspecto de un dispositivo de impresión por chorro de tinta satisfactorio es una técnica para mantener limpia la cara de la cabeza de impresión. El mantenimiento de las cabezas de impresión limpias en un entorno de impresión en 3 - D es particularmente exigente debido a la alta concentración de material de construcción pulverizado transportado por el aire en las inmediaciones de la cara de las cabezas de impresión. La mayoría de las impresoras por chorro de tinta, la cara de las cabezas de impresión se limpia de forma rutinaria con un elemento limpiador en forma de barredora de goma.

Las Figuras 16A - 16B son vistas esquemáticas de una estación de limpieza concreta 300. Tal y como se muestra un elemento limpiador 305 está situado para limpiar la cara de una cabeza de impresión 205 cuando la cabeza de impresión se desplaza sobre el limpiador 305 en la dirección hacia la izquierda indicada por la flecha. Cuando la cabeza de impresión 205 pasa por encima del elemento limpiador 305, el material contaminante es transferido desde la cara de la cabeza de impresión 205 hasta el elemento limpiador 305. Este procedimiento funciona satisfactoriamente siempre que no se deje que el material contaminante se acumule sobre el elemento limpiador.

Tal y como se muestra, el elemento limpiador 305 está montado sobre una correa 302. La correa 302 discurre sobre unas poleas 304-A, 304-B, las cuales pueden ser rotadas por un motor 306. El elemento limpiador 305 está fijo en posición para limpiar la cara de la cabeza de impresión 205. Tal y como se muestra en la Figura 16-B, el motor 306 ha sido activado, provocando que el elemento limpiador 305 sea arrastrado sobre la superficie de limpieza 308 de un bloque limpiador 309 en la dirección indicada por la flecha, transfiriendo cualquier contaminación acumulada al bloque limpiador 309. El bloque limpiador 309 es sustituido periódicamente para mantener una superficie de limpieza limpia.

45 La Figura 17 es una vista esquemática de otra disposición concreta de una estación de limpieza. En esta estación de limpieza 300', un elemento limpiador 305 puede ser retraído para limpiar por dentro la estación de limpieza retranqueada 300', la cual es llenada hasta un nivel 308' con un fluido de limpieza 309'. Cuando el elemento limpiador 305' es retraído, es completamente sumergido en el fluido de limpieza 309'. Un agitador 307 puede agitar el fluido 309' por diversos medios, como por ejemplo vibración ultrasónica, circulación rápida del fluido de limpieza; o inyección de burbujas de aire.

Detección de fallos en las cabezas de impresión

La vida útil de una cabeza de impresión varía dependiendo del uso y de otras variables que pueden no ser controladas. Algunas veces las cabezas de impresión se estropean parcialmente, de forma que algunos surtidores no disparan mientras que otros continúan disparando normalmente. Otras veces, una entera cabeza de impresión falla, funcionando incorrectamente todos sus surtidores. Debido a que existe una gran variación en la forma en que las cabezas de impresión fallan y en la vida útil global de una cabeza de impresión y, debido a que el fallo de una cabeza de impresión puede provocar que la impresora en 3 - D deje de fabricar el modelo físico deseado, es útil

poder detectar el estado de la cabeza de impresión y poder determinar si, algunos, o la mayoría o todos sus surtidores están disparando.

La Figura 18 es una vista esquemática de un detector de goteo para vigilar el estado de una cabeza de impresión. después de que la cabeza de impresión 205 es desplazada hasta su posición por encima del detector de goteo 400, cada surtido de la cabeza de impresión 205 es disparado de manera independiente un número de veces suficiente para que el detector detecte positivamente si el surtido está disparando normalmente. En una forma de realización alternativa, un grupo de surtidores está disparando de manera simultánea, y el detector determina cuantos surtidores dentro de cada grupo está disparando normalmente sin determinar qué específicos surtidores están funcionando de manera incorrecta. Este procedimiento es más rápido debido a que varios surtidores pueden ser probados al mismo tiempo.

Un detector de goteo concreto 400 puede funcionar por medios ópticos. Por ejemplo, un emisor puede emitir una frecuencia de luz a la cual el aglutinante es opaco (infrarroja, por ejemplo). El haz de luz es interrumpido cuando una gota disparada por la cabeza de impresión pasa a través del haz. El fallo en la detección de la interrupción indica un surtidor que funciona incorrectamente. Si el haz de detección fuera lo suficientemente estrecho, así mismo pueden ser detectados chorros mal dirigidos.

Otro detector de goteo concreto 400 funciona mediante la detección de impactos de goteo sobre una membrana fijada a un micrófono o a un detector piezoeléctrico.

#### Estrategias de compensación de fallos de las cabezas de impresión

El poder de detectar si cada una de las cabezas de impresión está funcionando de manera adecuada hace posible el diseño de diferentes modos de funcionamiento de la impresora en 3 - D. En el modo más sencillo de funcionamiento, el trabajo de impresión es interrumpido tan pronto como se detecta un correcto funcionamiento. El usuario puede contar con un breve periodo de tiempo para sustituir la cabeza de impresión defectuosa o si no el trabajo es detenido. Como alternativa, el trabajo de impresión puede ser detenido en cualquier caso. Ello ahorraría tiempo y reduciría la cantidad de polvo consumido. Sin un detector de goteo, si la cabeza de impresión falla parcialmente, o si una cabeza de impresión de una impresora con varias cabezas de impresión falla parcialmente, una gran cantidad de polvo podría ser impreso aun cuando la pieza resultante no sería de utilidad. Mediante la detención del trabajo de impresión cuando se detecta un defecto, el usuario ahorra el gasto del aglutinante y del polvo que sería derrochado si el defecto no fuera detectado.

En otro modo de funcionamiento, si se determina que algunos surtidos no están funcionando pero otros todavía siguen funcionando (como, por ejemplo, si una cabeza de impresión de un conjunto de cabezas de impresión múltiples falla), el proceso de impresión se modifica para que se efectúe más de una pasada sobre cada área de la pieza. Haciendo avanzar el eje x,  $1/n$  de la distancia normal de cada pasada de las cabezas de impresión en el eje Y, cada área será impresa por n chorros diferentes. El volumen del aglutinante impreso en cada pasada se reduciría hasta  $1/n$  la cantidad normal. N puede ser seleccionado para que las áreas débiles de la pieza (las cuales son impresas por n - 1 surtidores en funcionamiento) siguen siendo todavía lo suficientemente fuertes para proporcionar una pieza satisfactoria.

En otro modo de funcionamiento más, si una cabeza de impresión en un extremo u otro de un conjunto de cabezas de impresión múltiples falla, la anchura del conjunto se redefine (como teniendo n - 1 cabezas de impresión donde n - 1 es el complemento normal de cabezas de impresión) y el trabajo de impresión podría ser completado.

Una impresora en color de 3 - D que tenga 4 o más cabezas de impresión en la que al menos una cabeza de impresión es alimentada con aglutinante con un colorante de los colores primarios (color cian, color violáceo y amarillo) es posible otro modo de funcionamiento. En particular, si el detector determina que una de las cabezas de impresión ha fallado, el trabajo es completado en un modo monocromo (o, para mejorar la velocidad, un modo que utilice todos los colores excepto el color de la cabeza de impresión defectuosa) utilizando el modo de impresión superpuesto mencionado con anterioridad. De esta manera, el usuario puede conseguir una pieza útil pero no una pieza de color o, como alternativa, una pieza que tenga color pero que no esté coloreada para el diseño.

#### Postprocesamiento

##### Despolverización

Una vez que un modelo físico ha sido impreso y que la mayoría del material de construcción pulverizado no impreso ha sido retirado, por ejemplo mediante la utilización del sistema de vacío 110 mostrado en la Figura 3, es conveniente retirar ahora el resto del material de construcción pulverizado no impreso. Debido a la adherencia entre el material de construcción pulverizado no impreso y el modelo físico no impreso, generalmente no es posible retirar todo el material de construcción pulverizado no impreso únicamente mediante el sistema de vacío 110. El resto del material de construcción pulverizado puede ser retirado con un cepillo, pero esto puede ser engorroso o imposible respecto de determinadas configuraciones y puede dañar un modelo físico delicado. Un procedimiento concreto para retirar el material de construcción pulverizado sobrante de un modelo físico es retirarlo por soplado con aire

comprimido. Sin embargo, esto crea una serie de problemas al crear una nube transportada por el aire de material de construcción pulverizado.

La Figura 19 es una vista esquemática de una cabina de despulverización. Un flujo de aire es creado dentro de la cabina de despulverización 500 para contener y dirigir la nube de material de construcción pulverizado creada por un chorro de aire comprimido dirigido hacia un modelo físico. Una abertura 503 proporciona acceso al interior de la cabina de despulverización 500. El modelo físico que va a ser despulverizado permanece sobre una superficie 504 situada dentro de la abertura 503. Una ventana 505, puede ser cerrada para ayudar a contener el material de construcción pulverizado transportado por el aire, y puede ser abierta para hacer posible que un modelo físico de gran tamaño sea colocado dentro de la cabina de despulverización 500. Una cubierta 506 cubre un soplante 510 para atenuar el ruido generado por el funcionamiento del equipo.

La Figura 20 es una vista recortada esquemática de la cabina de despulverización de la Figura 18. Se hace circular el aire a través de la cabina de despulverización 500 mediante el soplante 510, el cual es energizado por un motor eléctrico 515. Como se indica mediante las flechas, el aire sale desde el soplante 510 hasta el interior de un deflector 530, donde el flujo es dividido en dos corrientes separadas, un flujo primario 517 de una cortina de aire transportada por un conducto 518 de la cortina de aire, y un flujo secundario 519 de despeje del polvo. Ambos flujos se recombinan en las inmediaciones del modelo físico 3 soportado sobre una tabla giratoria 520, arrastrando el material de construcción pulverizado. El flujo, a continuación, pasa a través de unas aberturas existentes en unas superficies de soporte 522 y a través de unos filtros 524. El aire filtrado sale de los filtros 524 penetrando en una cámara 526 de aire limpio y, desde allí, entra en la abertura del soplante 510 para completar su circuito.

A medida que el aire que transporta el material de construcción pulverizado pasa a través de los filtros 524, el material de construcción pulverizado se recoge en las superficies de los filtros 524, a la postre restringiendo el flujo de aire y reduciendo la eficiencia del sistema. Para mantener los filtros 524 en estado desobstruido, un impulso de aire es periódicamente introducido en el interior de los filtros 524 desde la cámara 526 de aire limpio. Esto provoca que el flujo de aire a través de los filtros 524 se invierta momentáneamente, forzando al material de construcción pulverizado acumulado a separarse de las superficies de los filtros 524 y a caer dentro de un cajón 528. El cajón 528 de recogida de polvo puede ser retirado para ser vaciado.

Un objetivo es impedir que el material de construcción pulverizado transportado por el aire se escape de la abertura 503 de la cabina de despulverización 500 (Figura 19), contaminando de esta forma el entorno circundante. En particular, cuando un chorro de aire comprimido a alta velocidad es dirigido sobre el modelo físico 3, una porción sustancial del aire comprimido reflejado por el modelo físico puede ser dirigido fuera de la cabina de despulverización 500 hacia el usuario. Para impedir el escape de este material de construcción pulverizado transportado por el aire, el flujo primario 517 de la cortina de aire (Figura 20) es dirigido verticalmente hasta debajo de la cara de la ventana 505 (Figura 19), capturando eficazmente y desviando hacia fuera la corriente dirigida.

Si todo el escape del soplante fuera canalizado para que fluyera a lo largo de la cara de la cabina 500, se crearía una cortina de aire muy eficaz. En ese caso, sin embargo, la mayoría del aire de la cabina quedaría estancada y se formaría una zona de aire que rotaría lentamente por el interior de la cabina de despulverización 500. Cuando el material de construcción pulverizado es soplado del modelo físico 3, el aire que gira lentamente resultaría rápidamente opaco debido a las partículas de polvo suspendidas en él. Esta nube de polvo opaco tardaría en disiparse, y reduciría la productividad del usuario. El flujo secundario 519 de despeje del polvo, mostrado en la Figura 20, da respuesta a este problema, creando un flujo general hacia abajo a través de la cabina para que no quede estancada ninguna cantidad de polvo y cualquier nube de polvo que se produzca se disipará con rapidez.

El equilibrio óptimo entre el flujo primario 517 de la cortina de aire y el flujo secundario 519 de despeje de aire varía en cierta forma con las características del material de construcción pulverizado que es retirado y con la configuración del modelo físico que está siendo despulverizado. Por esta razón, el deflector 530 es ajustable.

La Figura 21 es una vista esquemática de un deflector concreto de la Figura 20. Utilizando una palanca 532 accionada por el usuario, un varillaje mecánico 533 provoca que una paleta de desviación 534 rote hacia arriba y hacia abajo tal y como se indica mediante las flechas de un punto de pivote 535. Cuando el borde 536 de la paleta de desviación 534 se desplaza hacia abajo, el flujo primario 517 de la cortina de aire hacia abajo del conducto 518 de la cortina de aire recoge una parte mayor del flujo de aire total. Cuando el borde 536 de la paleta de desviación 534 se desplaza hacia arriba, el flujo secundario 519 de despeje de aire hacia el interior de la cámara de escape 538 recoge mayor cantidad de flujo de aire total.

La Figura 22 es una vista esquemática de una cabina de despulverización incorporada dentro de la unidad impresora 200' de la Figura 15. Tal y como se muestra, un soplante 510 está acoplado a la cabina de despulverización 500. El aire fluye hacia abajo a través de la abertura frontal de la cabina 500, arrastra el polvo, pasa a través de los filtros (no mostrados) y vuelve hacia la entrada del soplante 510. En esta configuración la despulverización puede llevarse a cabo con el mismo equipo que la impresión.

La cabina de despulverización 500 está separada de la unidad impresora 200', puede ser utilizada una vagoneta para transferir modelos físicos grandes o pesados hasta la cabina de despulverización 500. Los modelos físicos son

impresos sobre una bandeja de carga es situada sobre una tabla de construcción de la impresora en 3 – D antes de que comience la impresión. Cuando la impresión se ha completado, la vagoneta es situada en posición adyacente a la unidad impresora 200' y el espacio libre existente entre ellas es salvado por un conjunto de raíles de transferencia. Estos raíles transportan una multiplicidad de rodillos, los cuales permiten que la bandeja de carga, que soporta el modelo físico impreso se deslice suavemente sobre la vagoneta. La vagoneta es a continuación situada en posición adyacente a la cabina de despulverización 500, y los raíles de transferencia son utilizados para deslizar la bandeja de carga, que soporta el modelo físico impreso hasta el interior de la cabina de despulverización 500.

#### Infiltración

Los modelos físicos creados por el proceso de impresión en 3 – D son porosos, lo que hace posible modificar sus propiedades mediante su infiltración con diversas resinas. La resina puede ser aplicada al modelo físico de muchas maneras incluyendo la inmersión, el cepillado o el vertido. Cada uno de estos procedimientos es retardatorio, derrochador de resina o ambas cosas. La presente invención aplica resina al modelo físico mediante un proceso de pulverización. Muchos de los infiltrantes utilizados en modelos en 3 – D son adhesivos. La pulverización mediante adhesivos crea una serie de problemas. En primer lugar, es necesario contener cualquier vapor creado durante el proceso (como por ejemplo a causa del exceso de pulverización, o el retroceso del pulverizador atomizado). Si los vapores no son contenidos pueden depositarse en el usuario, en la ropa del usuario o en otros objetos. Respecto de determinados infiltrantes, los vapores pueden suponer un peligro para la salud o el entorno. Otro problema de los adhesivos de pulverización es que el equipo de pulverización queda revestido con el adhesivo y debe ser limpiado a fondo después de cada uso. Esto es engorroso y puede crear problemas para la salud o el entorno si el disolvente del adhesivo es peligroso.

La Figura 23 es una vista esquemática de un revestimiento para la cabina de despulverización de la Figura 19. Un revestimiento 560 protege la cabina 500 de una pulverización excesiva con infiltrante. El revestimiento 560 incluye un prefiltro 562 para capturar gotículas de adhesivo transportadas por el aire para impedir que revistan los filtros 524 (Figura 20) dentro de la cabina de despulverización 500. Cuando un modelo físico ha sido despulverizado en la cabina de despulverización 500, el usuario despliega el revestimiento 560, el cual está hecho, de modo preferente, de cartón corrugado, dentro de la cabina de despulverización 560 y pulveriza el infiltrante sobre el modelo físico. Como alternativa, el revestimiento puede ser utilizado para proteger una campana de ventilación o una campana de humos sin conducto.

La Figura 24 es una vista esquemática de un sistema para la aplicación de un infiltrante de resina mediante pulverización. En el sistema 600, la resina es bombeada por medio de un tubo desechable 604 desde un depósito 602 de infiltrante mediante una bomba peristáltica 603, y, a continuación, es impelida a través de una tobera de pulverización desechable 605. Mediante la utilización de un sistema de componentes desechables y de una bomba peristáltica, la cual no está humedecida por el adhesivo, se crea un sistema económico y fácil de manejar para pulverizar adhesivos. La limpieza consiste en la eliminación del tubo y de la tobera de pulverización.

La Figura 25 es una vista esquemática de un sistema para pulverizar un infiltrante de dos componentes. Un infiltrante de dos componentes es un infiltrante que se solidifica cuando los dos componentes se combinan. En el sistema 610 los componentes de resina son bombeados a través del tubo desechable 614 desde los depósitos 616, 617 del infiltrante mediante una bomba peristáltica 618 de 2 cabezas. Los dos componentes de resina son combinados en un mezclador estático 619 y la mezcla es a continuación impulsada a través de una tobera de pulverización desechable 615. La relación de mezcla del sistema de dos componentes puede ser mantenida mediante la utilización de un diámetro apropiado para cada tubo. En particular, una relación de uno a uno para los componentes requiere que ambos tubos tengan el mismo diámetro.

#### Control del polvo

##### Cierre estanco de los pistones

Es importante cerrar de forma estanca la construcción y los pistones de alimentación para que el polvo suelto no se fugue por los lados y caiga por debajo de la máquina, lo que puede provocar un trastorno no deseado y dañar potencialmente los mecanismos dispuestos en la parte inferior.

La Figura 26 es una vista en sección transversal frontal de un pistón herméticamente cerrado. Tal y como se muestra, un tubo energizado 712 empuja hacia fuera sobre un fieltro 714 dispuesto sobre la superficie interior de una caja 710 del pistón. El tubo 712 está rodeado por la placa 715 de montaje del pistón del montaje 718 del pistón dispuesto sobre su parte superior y lateral. El fieltro 714 está situado entre el tubo 712 cerrado de forma estanca y el lateral de la caja 710 del pistón para formar un cierre estanco.

##### Canalón del polvo

La impresión en 3 – D incluye un cajón de suministro, a partir del cual el polvo es alimentado, y un cajón de construcción donde tiene lugar la fabricación de las piezas. Durante el proceso de impresión en 3 – D, el polvo se acumula alrededor de estos cajones de polvo sobre una superficie (llamada plataforma) hasta que el polvo pueda

ser aspirado. El polvo que migra durante el proceso de impresión puede constituir una molestia y puede provocar problemas de rendimiento en las piezas de la impresora de 3 – D, en particular en la cabeza de impresión y en la estación de servicio. Por razones funcionales, la cabeza de impresión y la estación de servicio deben estar situadas en el plano de los bordes superiores de los cajones de polvo. Si la plataforma es coplanar con estos bordes superiores, cualquier cantidad de polvo que se acumule sobre la plataforma está potencialmente próxima a estos componentes sensibles. Por consiguiente, una disposición más conveniente incorpora la superficie de la plataforma por debajo de los bordes de los cajones de polvo, formando un canalón para que el polvo caiga dentro.

La Figura 27 es una vista en sección transversal de un cajón de polvo. La plataforma 802 de la impresora está situada por debajo de los bordes superiores 804<sub>1</sub> de los cajones de polvo. Esta configuración forma un canalón 805 donde se puede recoger el polvo migrado.

#### Paletas

Unas paletas pueden impedir que el polvo migre al fluir por los lados de la cajas del pistón. Un procedimiento consiste en utilizar las paletas que están fijadas al pórtico con muelles, haciendo que las paletas ejerzan una fuerza hacia abajo sobre la plataforma superior de la impresora en 3 – D. Una impresora específica incluye una paleta con un pequeño imán en su interior para ejercer una fuerza. Esto permite un montaje y desmontaje más fáciles que la paleta con un muelle. Una mejora adicional implica la localización de las paletas.

La Figura 28 es una vista en sección transversal esquemática de una configuración de paletas magnéticas. Las paletas 810-1 y 810-2 están fijadas al pórtico 210' de la impresora de tal manera que quedan libres de desplazarse en perpendicular con respecto a las paredes 804-1 y 804-2 de los cajones de polvo pero están fijadas de manera eficaz con respecto al pórtico 210' en todas las demás dimensiones. Las paredes 804-1 y 804-2 están construidas con un material magnético blando, como por ejemplo acero. Cada paleta presenta un imán incrustado 810-1 y 810-2 que actúa sobre su respectiva pared con la suficiente fuerza para mantener la paleta en contacto íntimo con la pared, formando una barrera para impedir que el polvo se derrame sobre la plataforma 802 durante una operación de esparcimiento del polvo.

#### Suministro de aglutinante

##### Suministro de aglutinante de alimentación por gravedad

La impresión en 3 – D típicamente utiliza unas cabezas de impresión comercialmente disponibles que fueron diseñadas para una impresión en 2 – D. Un material aglutinante especial que se adapta al polvo que está siendo impreso es sustituido por la tinta normalmente distribuida por la cabeza de impresión. Dado que la pieza atípica impresa en 3 – D requiere mucho más aglutinante del que puede estar contenido dentro de una cabeza de impresión y, dado que en las cabezas de impresión no pueden prácticamente ser sustituidas mientras una pieza está siendo construida, es necesario proceder al relleno continuo de aglutinante en la cabeza de impresión mientras la impresora está funcionando. Esto se lleva típicamente a cabo efectuando una conexión por tubería entre la cabeza de impresión móvil y un suministro fijo de aglutinante.

Para que una cabeza de impresión funcione correctamente, la presión existente dentro de la cabeza en la entrada de los canales de chorros de tinta debe ser mantenida a una presión negativa pequeña, típicamente a una presión de entre  $-0,76$  y  $-1,5 \times 10^3$  Pa. Una técnica anterior emplea un suministro de tinta cuya superficie libre es mantenida a un nivel de aproximadamente 10 cm por debajo de la salida de la cabeza de impresión. Hay disponibles cabezas de impresión con unos reguladores de la presión incorporados que mantienen la presión interna negativa requerida mientras que la presión de la línea de alimentación de las cabezas de impresión varía en un amplio margen de presiones positivas. En general, debe ejercerse una presión suficiente sobre el aglutinante en el extremo de suministro de tubería de alimentación del aglutinante para provocar que el aglutinante fluya a través del tubo en una cadencia suficiente para mantener la cabeza de impresión llena. La presión requerida depende básicamente de las características restrictivas de la tubería de alimentación y de la altura relativa del suministro con respecto a la cabeza de impresión. Una técnica anterior emplea una bomba que mantiene la presión de suministro en la entrada a la cabeza de impresión. Debido a su complejidad, esta solución es costosa y potencialmente infiable.

La Figura 29 es una vista esquemática de un suministro de aglutinante de alimentación por gravedad. Tal y como se muestra, un suministro fijo de aglutinante 1002 está conectado a la cabeza de impresión 205 a través de una extensión de la tubería 1004. En particular, la superficie libre del aglutinante puede variar entre 8,9 y 12,7 cm por encima de la superficie inferior de la cabeza de impresión. Esta altura proporciona la presión suficiente para alimentar la cabeza de impresión con el aglutinante a una cadencia superior a la requerida de 8 gramos / minuto a través de un segmento de tubería que presenta un diámetro interior de 1,5 mm y una longitud de aproximadamente 1,8 m. Los expertos en la materia advertirán que podrían ser seleccionadas otras combinaciones de altura y tubería para obtener el caudal requerido.

Aunque la presente Impresora Tridimensional ha sido mostrada y descrita de forma específica con referencia a formas de realización concretas, debe entenderse por parte del experto en la materia que pueden llevarse a cabo diversos cambios de forma y detalle sin apartarse del alcance de la invención que se reivindica en las reivindicaciones adjuntas.

5

**REIVINDICACIONES**

1.- Un aparato para fabricar un objeto tridimensional que comprende:

un medio (102) para almacenar un suministro de material de construcción (39) que puede ser utilizado para fabricar el objeto;

5 un sistema de vacío que presenta una entrada (112) de vacío conectada al medio de almacenamiento (102);

un medio para recibir unas capas incrementales del material de construcción (39) en una cámara de construcción desde el medio de almacenamiento (102); y

10 un medio (230) para recibir una cantidad sobrante de material de construcción (39) transferida desde el medio de almacenamiento pero no recibida por la cámara de construcción; y **caracterizado por:**

al menos un filtro (118) dentro del sistema de vacío para filtrar el material de construcción (39) a partir de un flujo de aire creado por el sistema de vacío (110); y

un mecanismo de limpieza para limpiar el al menos un filtro (118).

2.- El aparato para fabricar un objeto tridimensional de acuerdo con la reivindicación 1, en el que

15 el medio para almacenar el suministro de material de construcción (39) es un depósito de alimentación (102);

el medio para recibir las capas incrementales del material de construcción (39) es una cámara de construcción; y

20 el medio para recibir la cantidad sobrante del material de construcción (39) es una cavidad de rebose (230) y que incluye

un medio para accionar el sistema de vacío (110).

3.- El aparato de la reivindicación 2, en el que la entrada (112) de vacío está acoplada a una fuente de material de construcción (39), transfiriendo el sistema de vacío (110) el material de construcción (39) desde la fuente de material de construcción (39) hasta el depósito de alimentación (102) a través de la entrada (112) de vacío.

25 4.- El aparato de la reivindicación 3, en el que la fuente del material de construcción (39) es al menos una entre un recipiente del material de construcción (39), la cámara de construcción, la cavidad de rebose (230), o un área próxima al depósito de alimentación (102) o a la cámara de construcción.

30 5.- El aparato de la reivindicación 4, en el que la fuente de material de construcción (39) incluye una cavidad de rebose (230) y el material de construcción (39) es automáticamente transferido desde la cavidad de rebose (230) hasta el depósito de alimentación (102).

6.- El aparato de la reivindicación 4, en el que la fuente del material de construcción (39) incluye el recipiente, y comprende así mismo un mecanismo para inyectar aire dentro del recipiente.

35 7.- El aparato de la reivindicación 2, en el que hay una pluralidad de filtros, incluyendo el mecanismo de limpieza un sistema de válvula para dirigir un flujo de aire invertido de manera secuencial a través de cada uno de los filtros para retirar las partículas acumuladas.

8.- El aparato de la reivindicación 7, en el que al menos un filtro (118) mantiene el flujo de aire y el vacío dentro de los límites del vacío.

40 9.- El aparato de la reivindicación 1, en el que el medio para filtrar comprende una pluralidad de filtros y el medio para limpiar comprende un sistema de válvulas para dirigir un flujo de aire invertido de manera secuencial a través de cada uno de los filtros para retirar las partículas acumuladas.

10.- Un procedimiento para fabricar un objeto tridimensional, que comprende:

un depósito de alimentación (102), el almacenamiento de un suministro de material de construcción (39) que puede ser utilizado para fabricar el objeto; el accionamiento de un sistema de vacío (110) que presenta una entrada (112) de vacío conectada con el depósito de alimentación (102);

45 dentro de una cámara de construcción, la recepción de unas capas incrementales de material de construcción (39) desde el depósito de alimentación (102); y



dentro de la cavidad de rebose (230), la recepción de una cantidad sobrante de material de construcción (39) transferida desde el material de construcción (102) pero no recibida por la cámara de construcción; y **caracterizado por:**

la disposición de al menos un filtro (118) dentro del sistema de vacío (110); y

- 5 la provisión de un mecanismo de limpieza para limpiar el al menos un filtro.
- 11.- El procedimiento de la reivindicación 10, en el que hay una pluralidad de filtros y la limpieza incluye el accionamiento de un sistema de válvulas para dirigir un flujo de aire invertido de manera secuencial a través de cada uno de los filtros para retirar las partículas acumuladas.
- 10 12.- El procedimiento de la reivindicación 10, que comprende así mismo el mantenimiento de un flujo de aire y de un vacío con al menos un filtro.

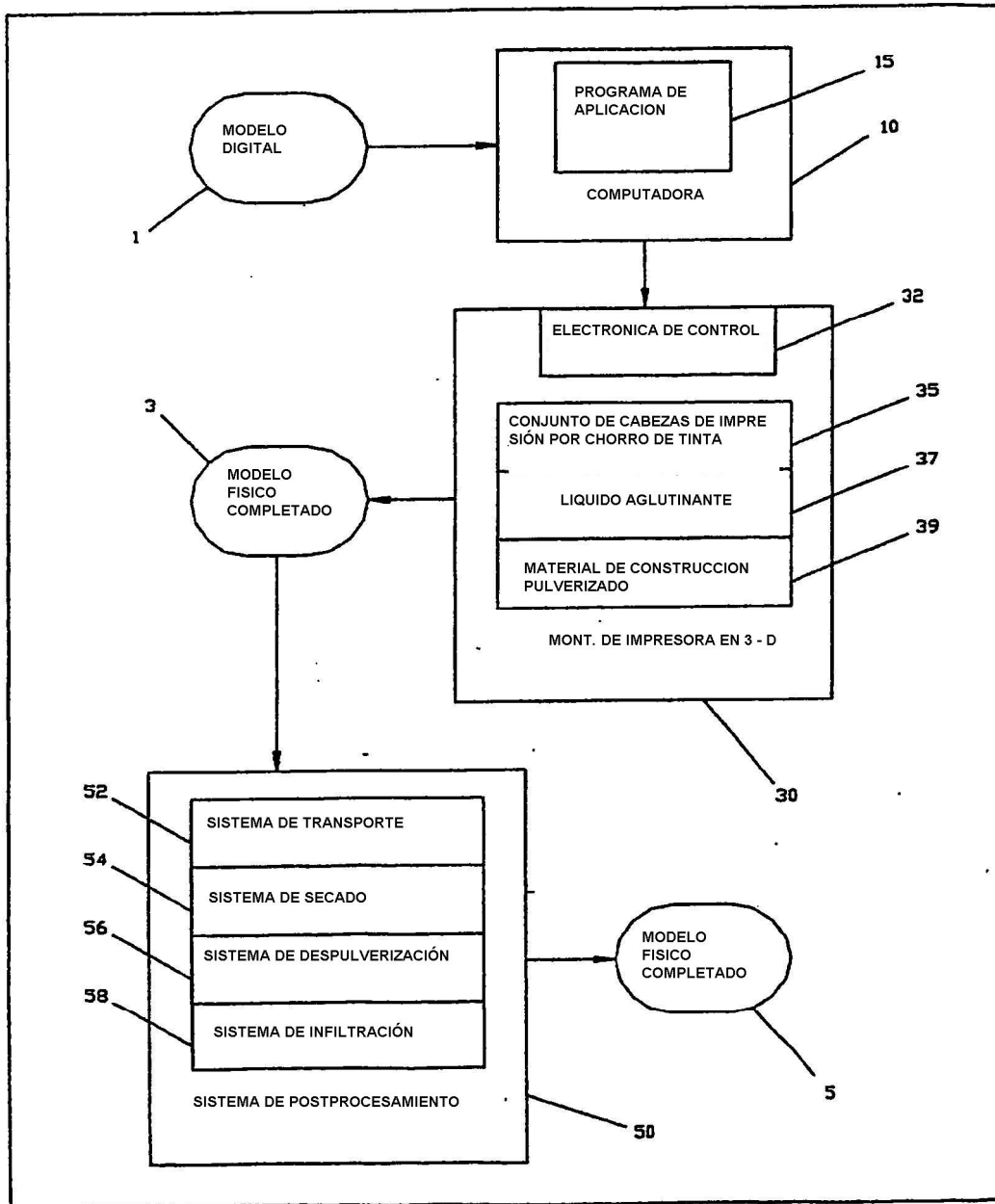


FIGURA 1

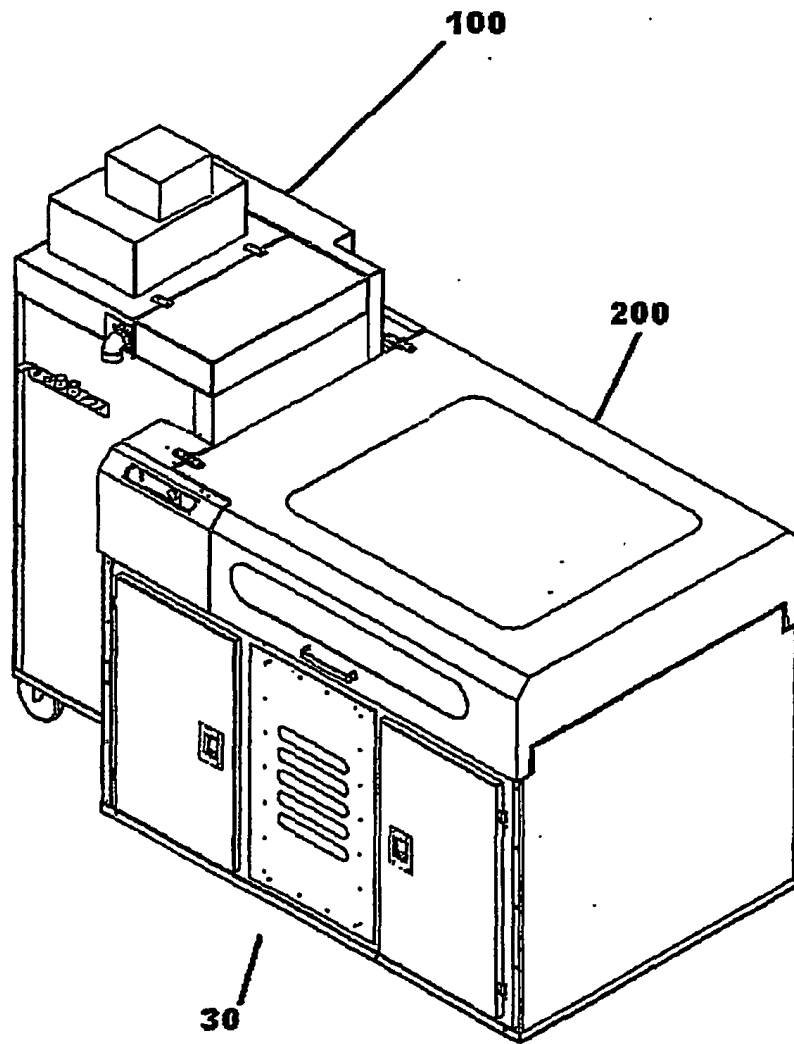


FIGURA 2

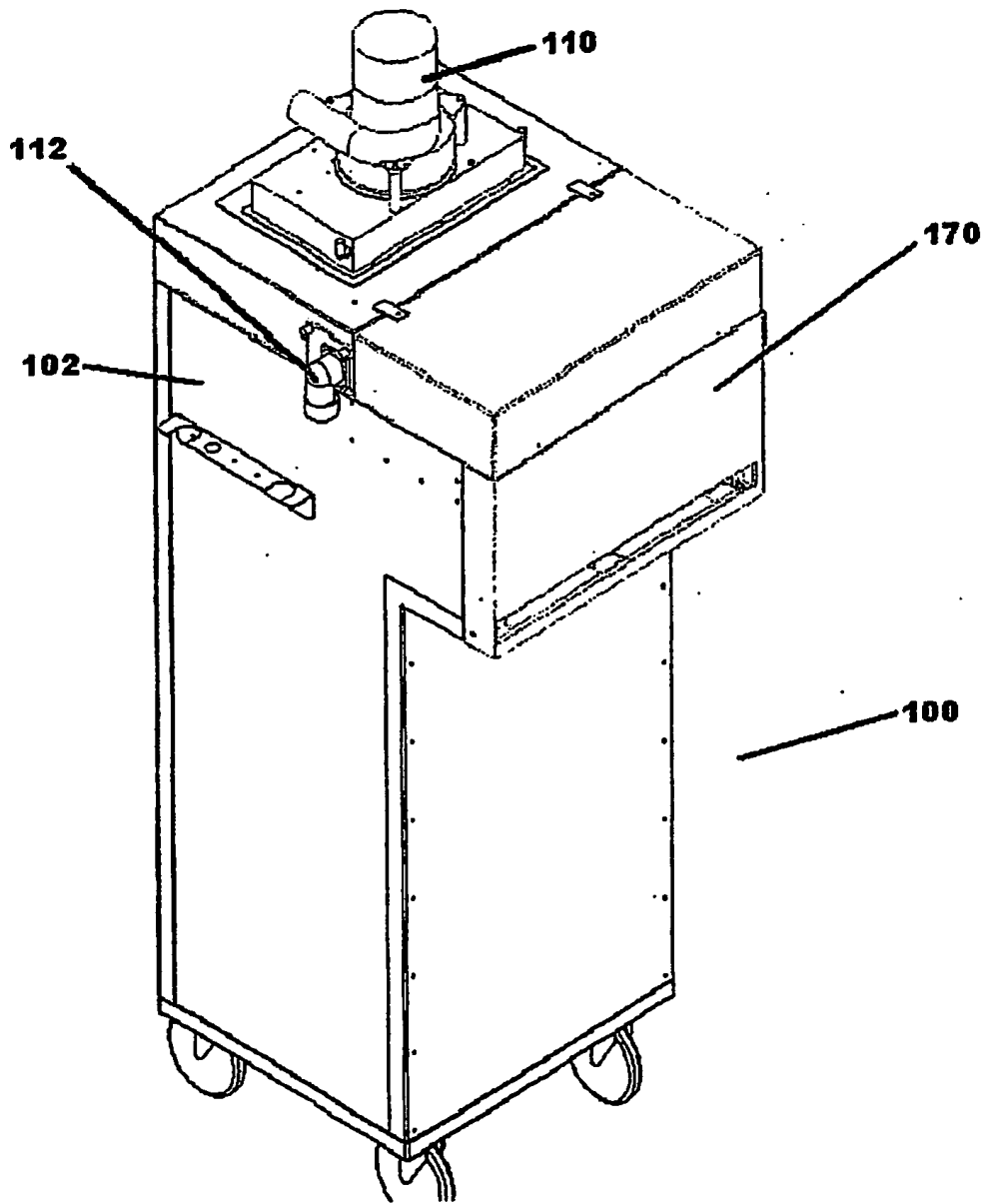


FIGURA 3

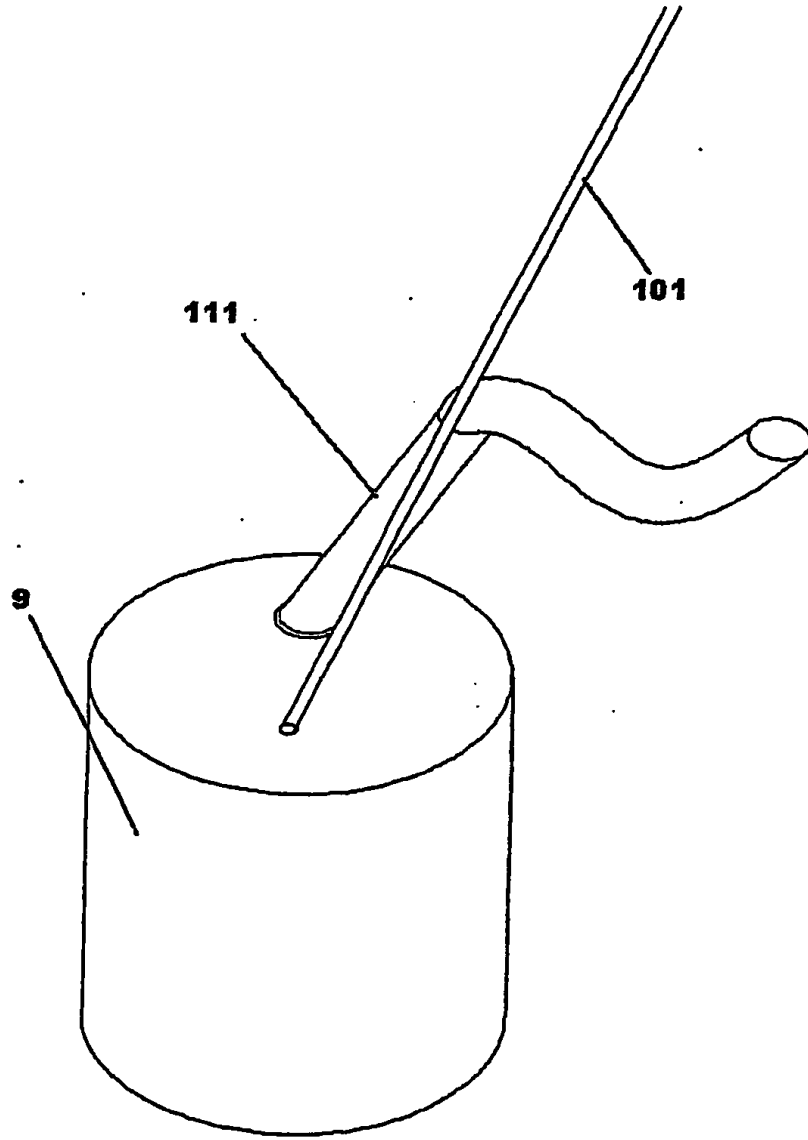


FIGURA 4

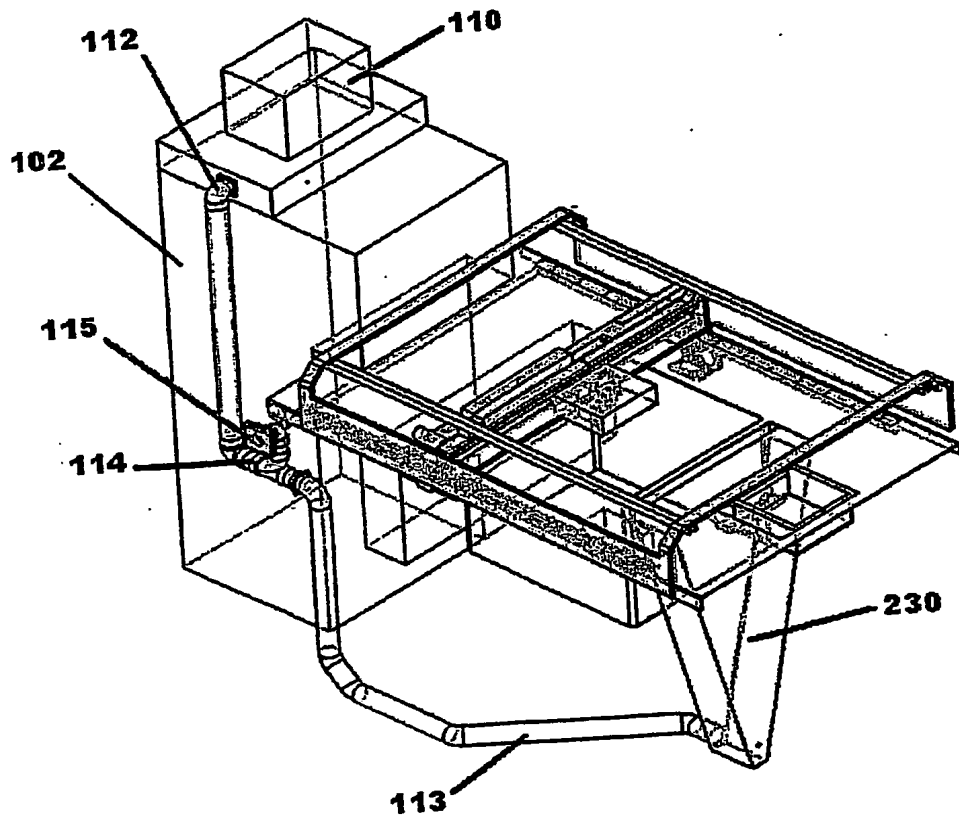


FIGURA 5

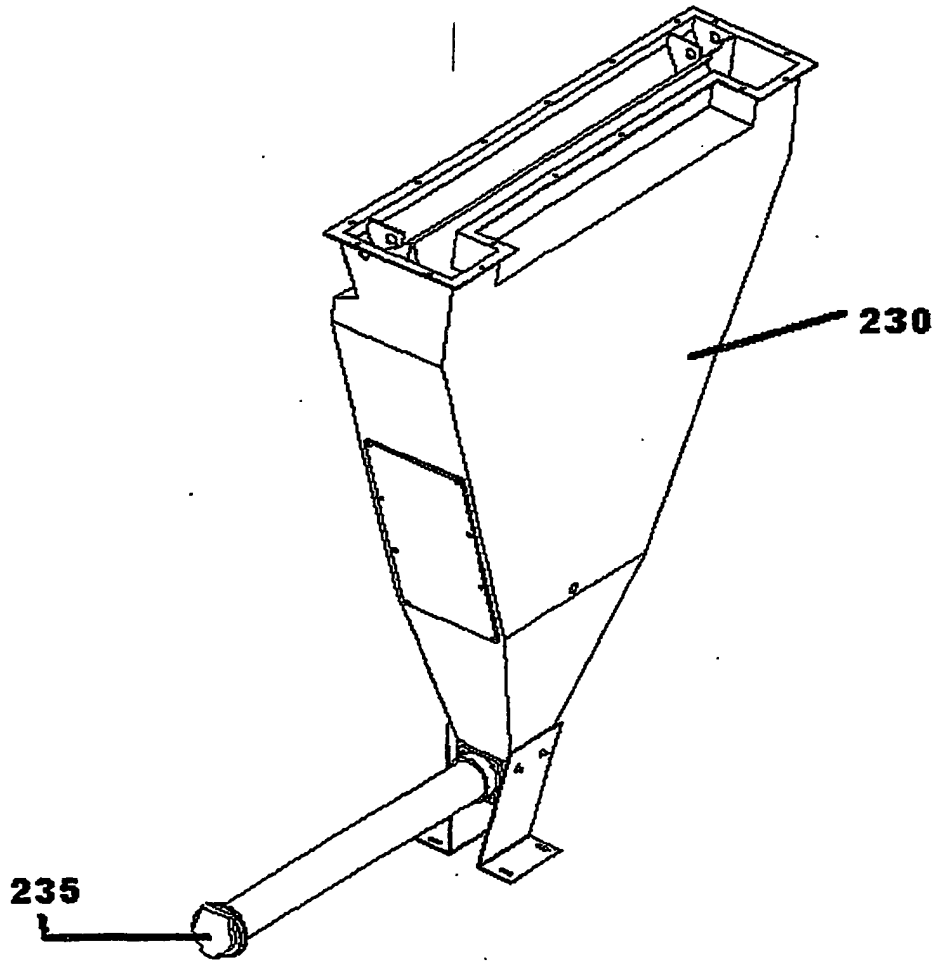


FIGURA 6

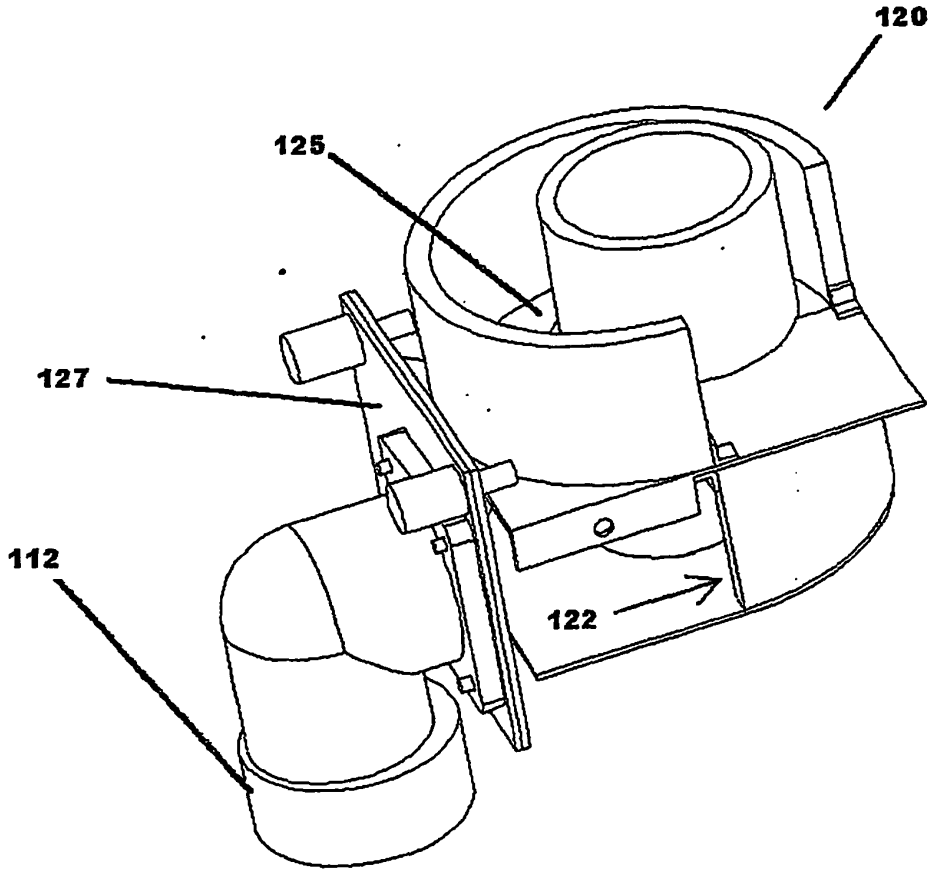


FIGURA 7



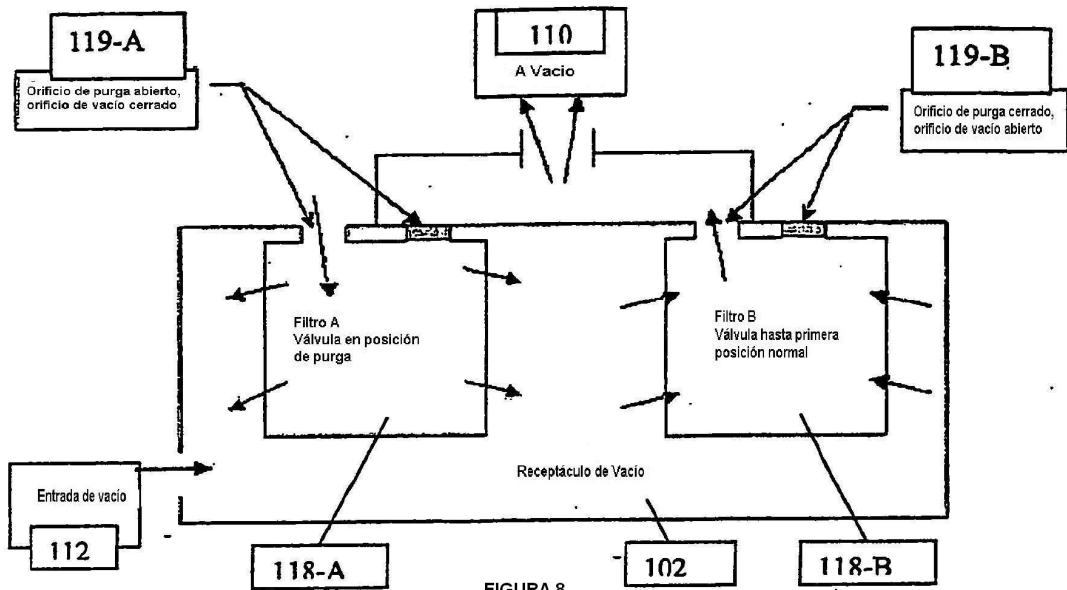


FIGURA 8

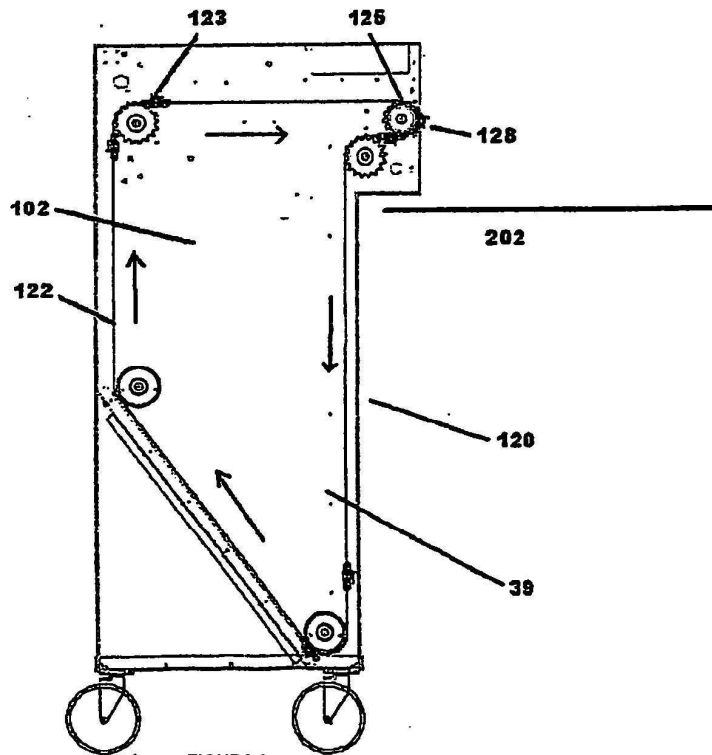


FIGURA 9

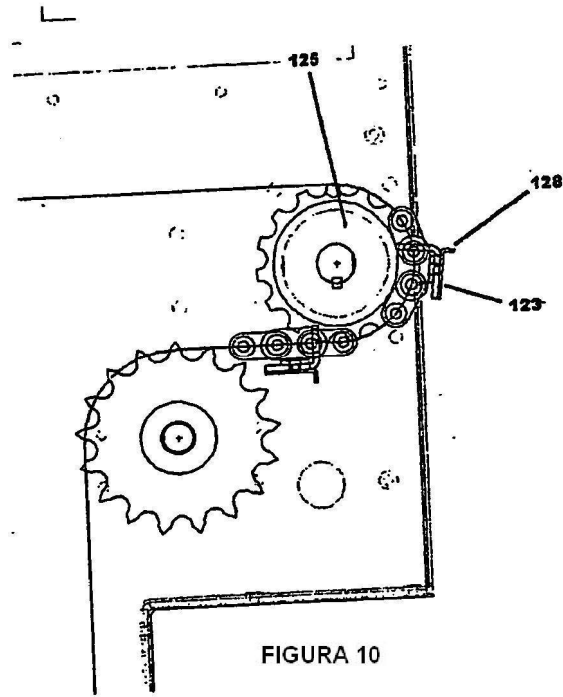


FIGURA 10

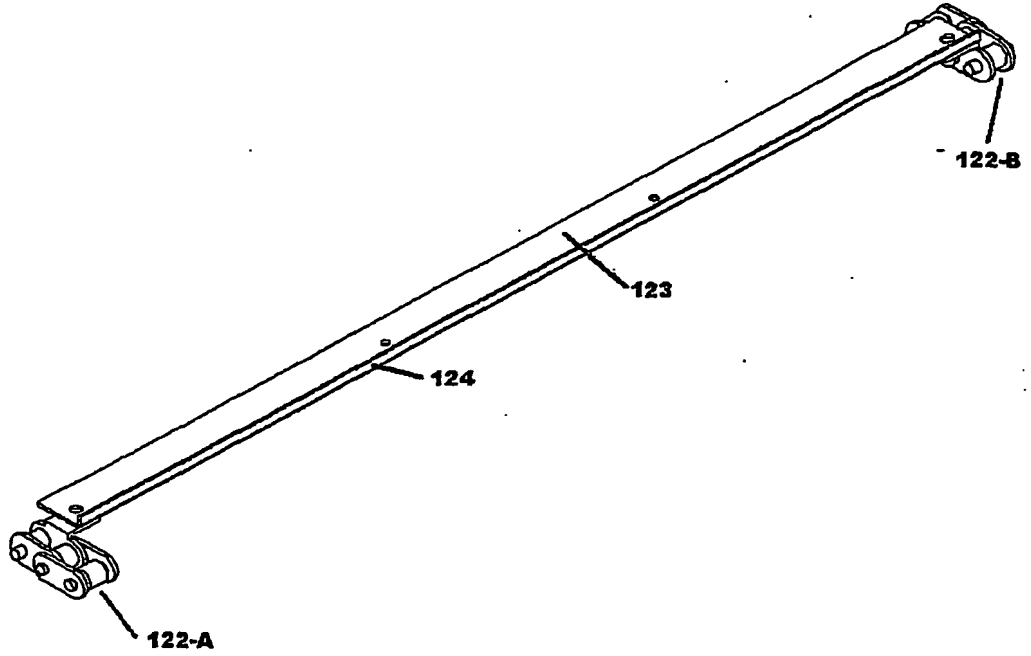


FIGURA 11

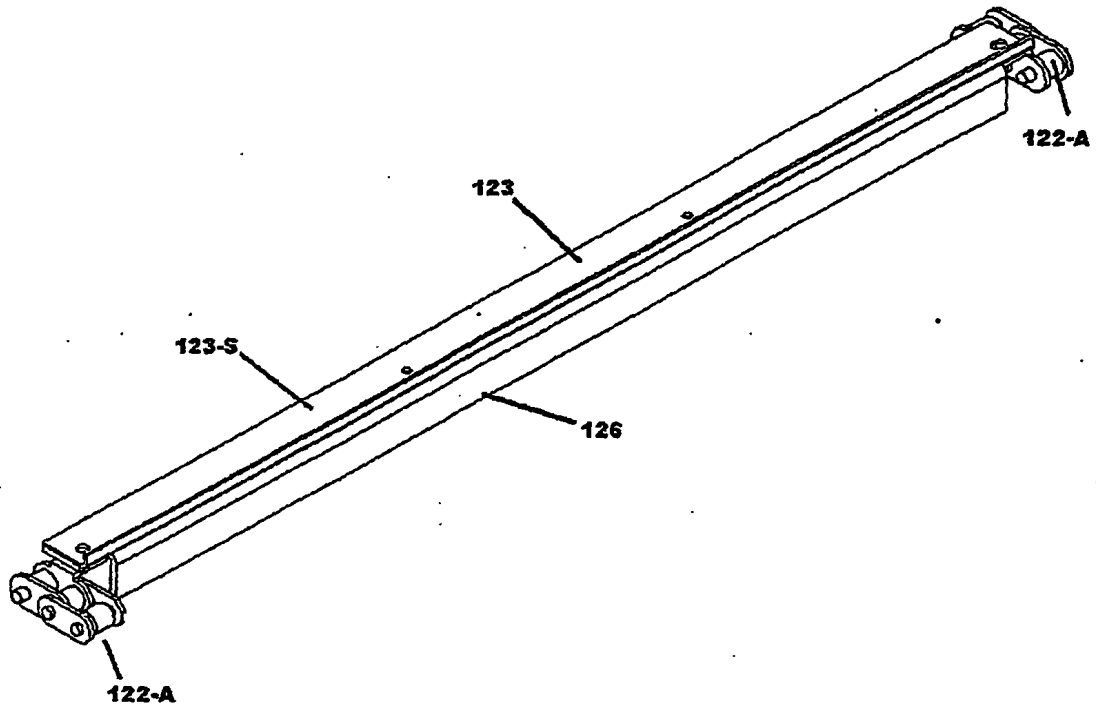


FIGURA 12

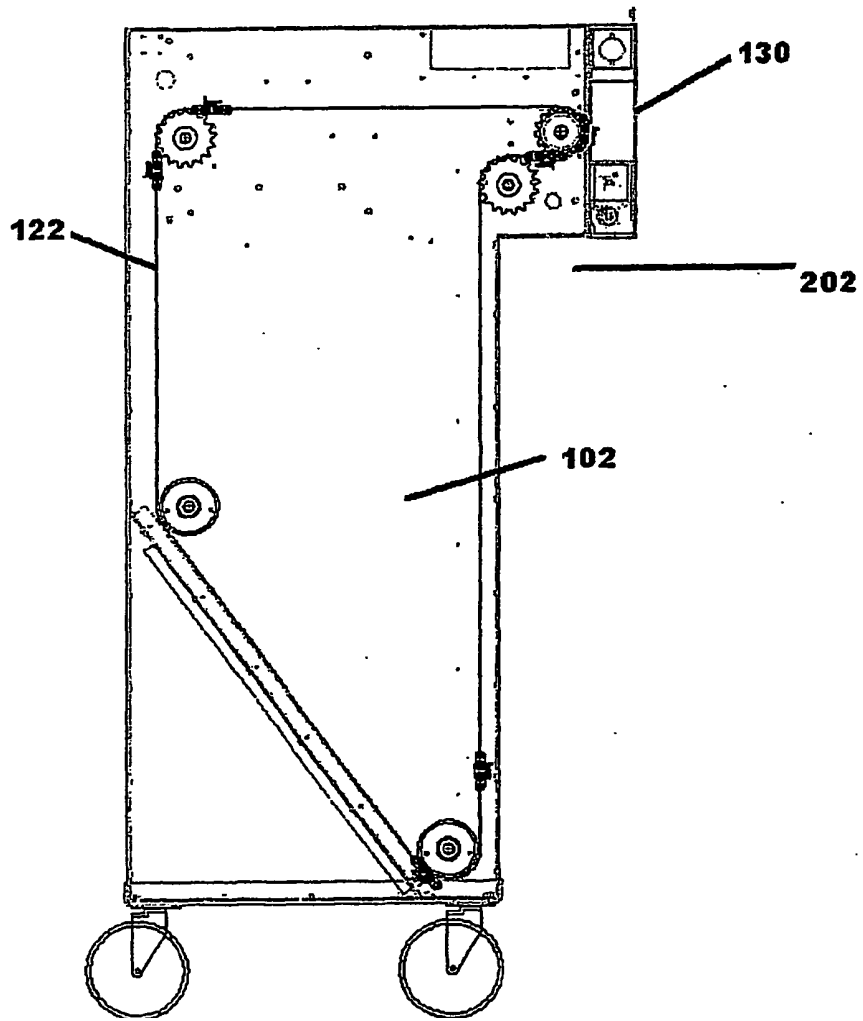


FIGURA 13

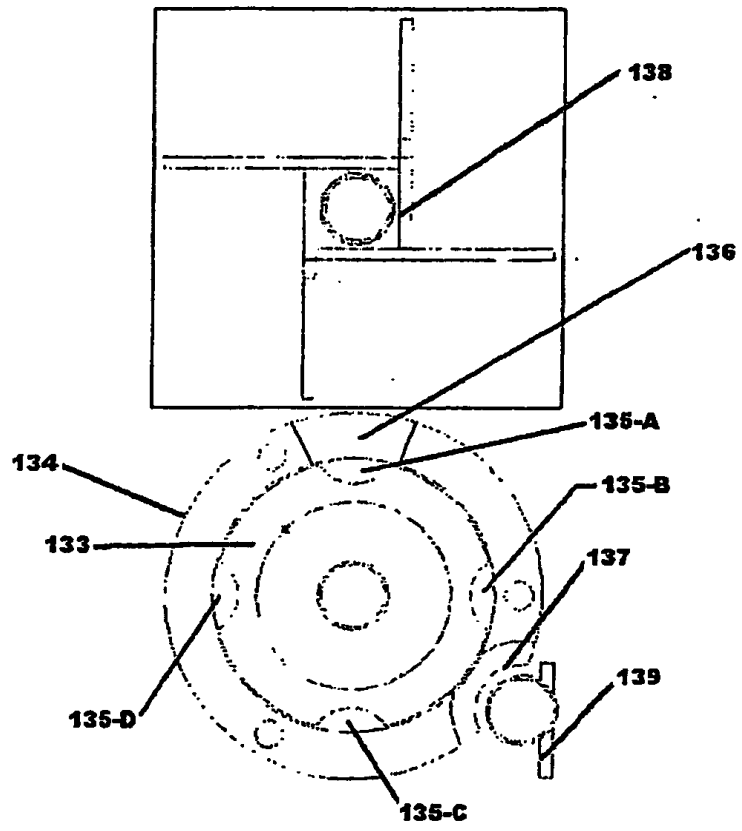


FIGURA 14A

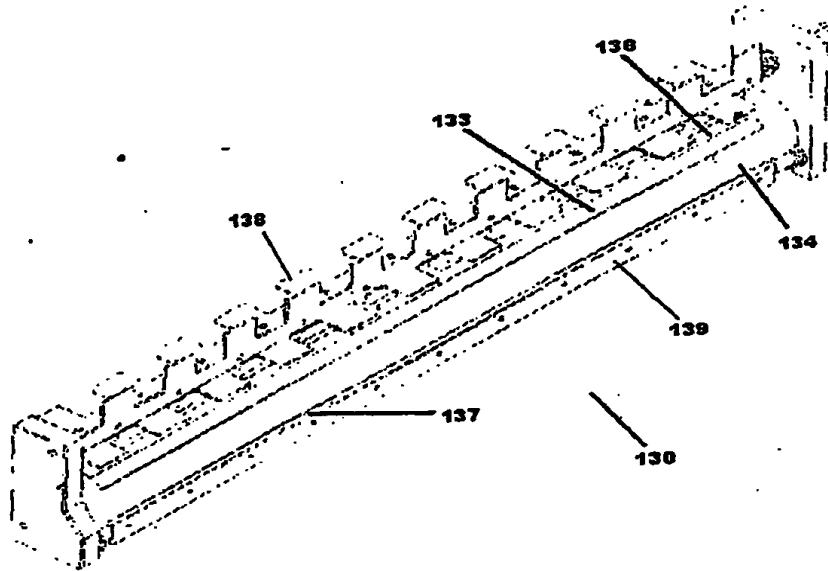


FIGURA 14B

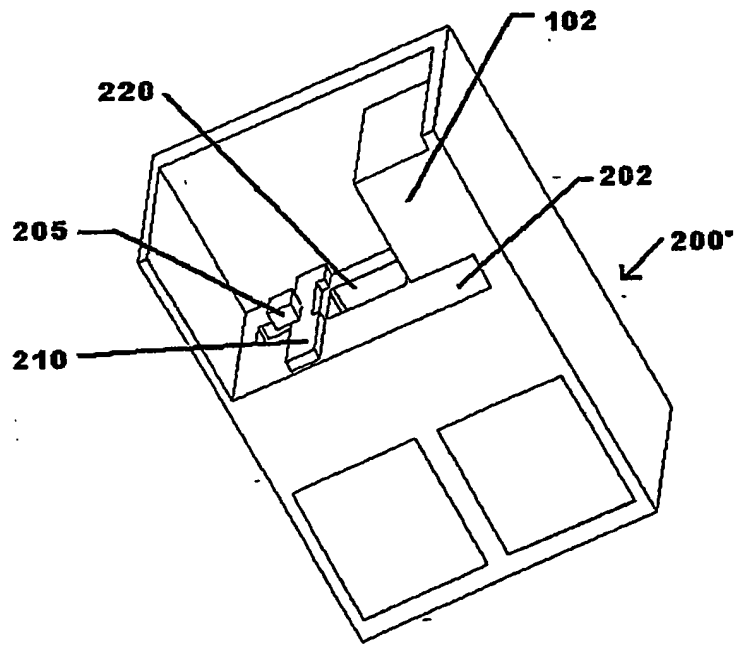
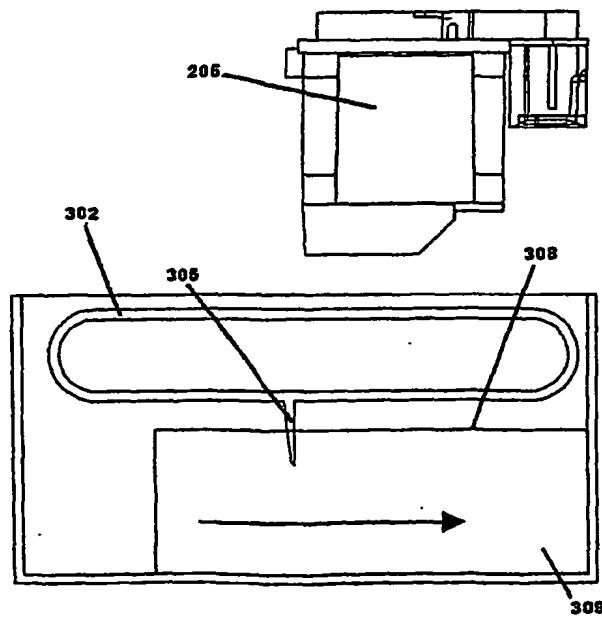
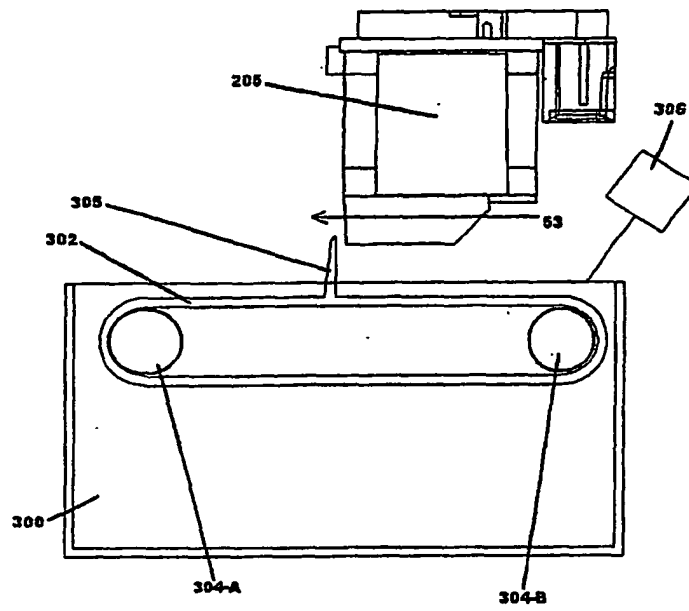


FIGURA 15





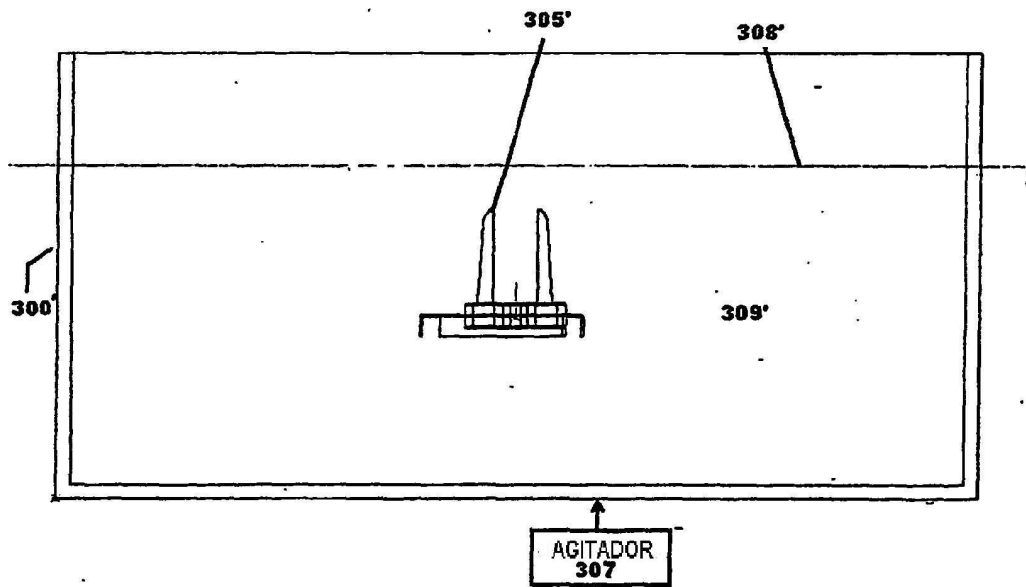


FIGURA 17

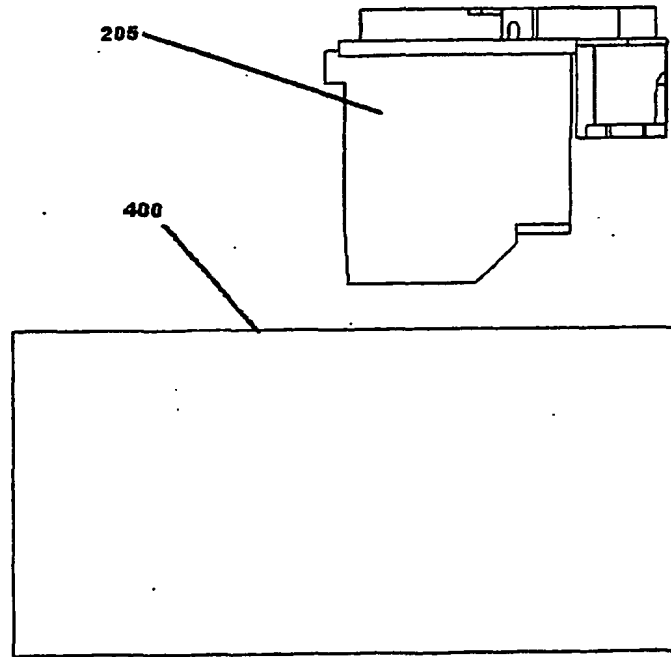


FIGURA 18

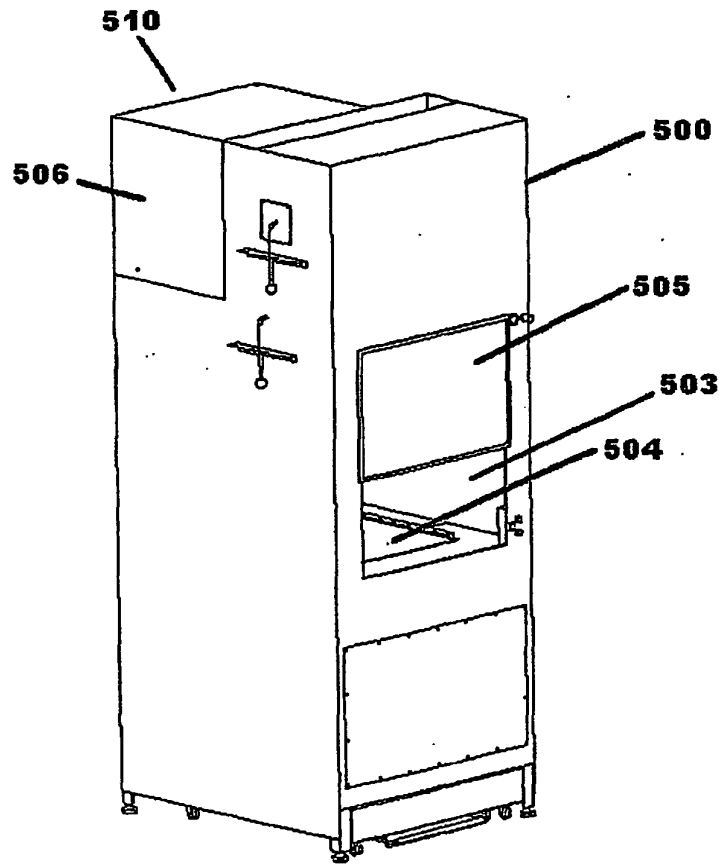


FIGURA 19

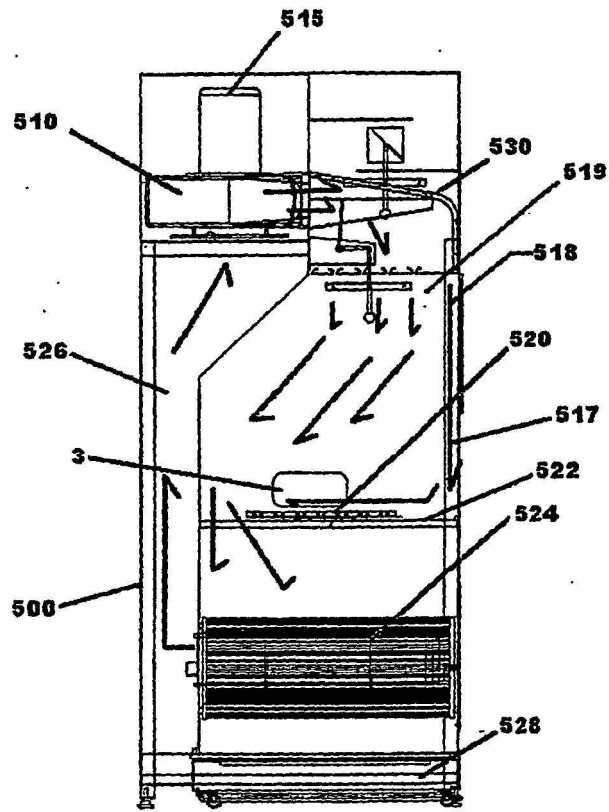


FIGURA 20

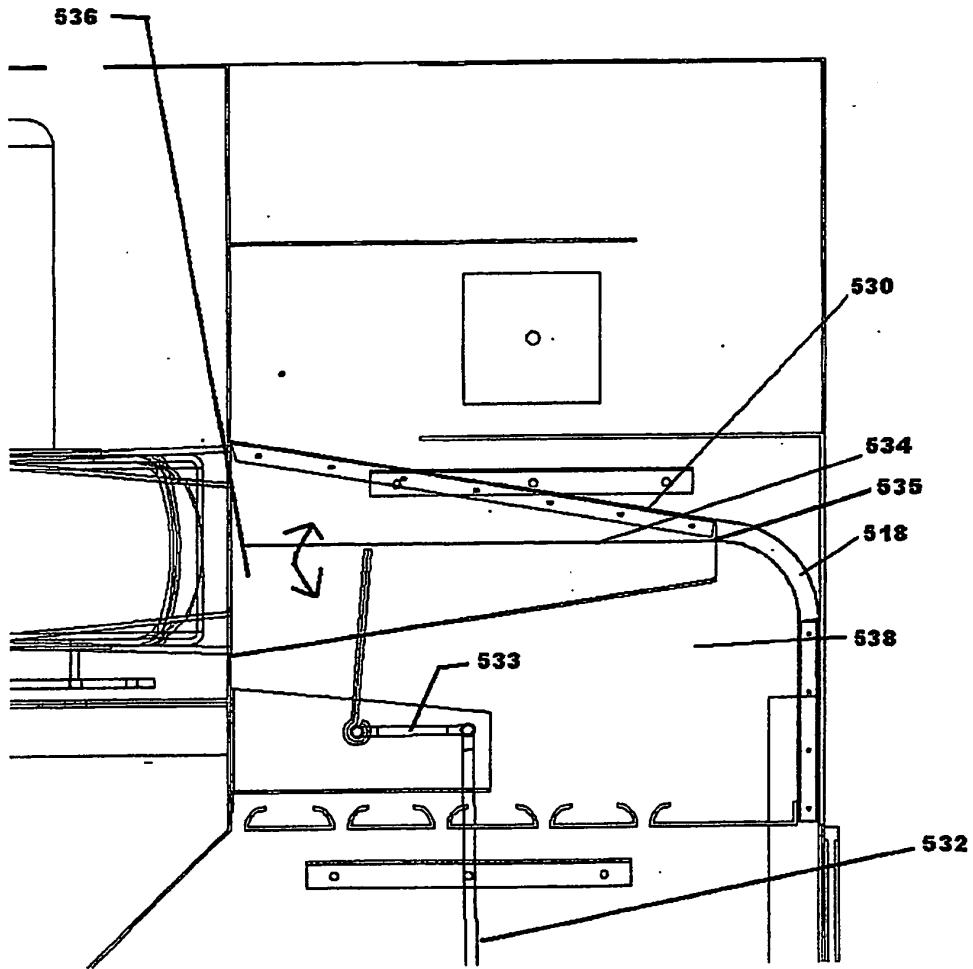


FIGURA 21

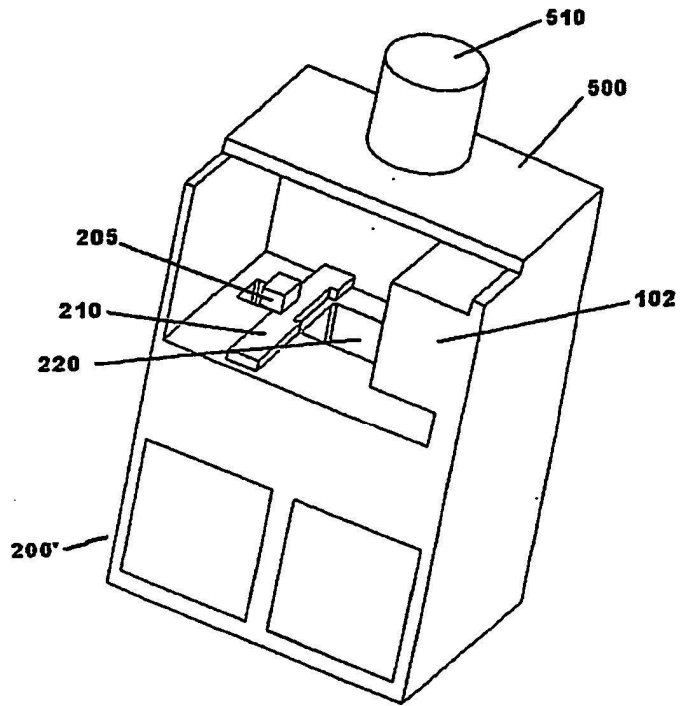


FIGURA 22

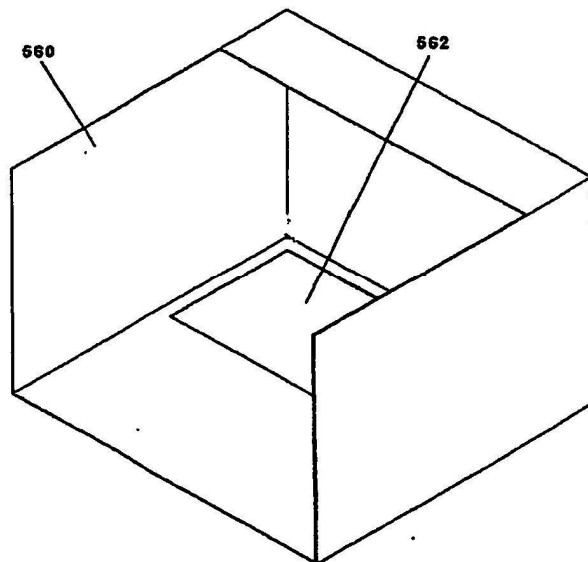


FIGURA 23

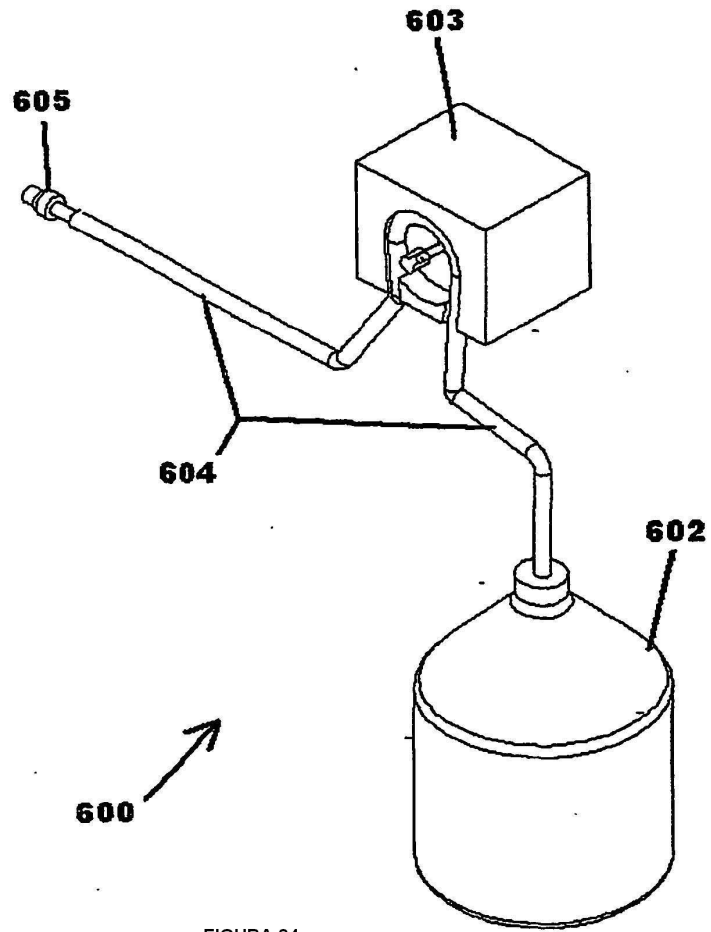


FIGURA 24



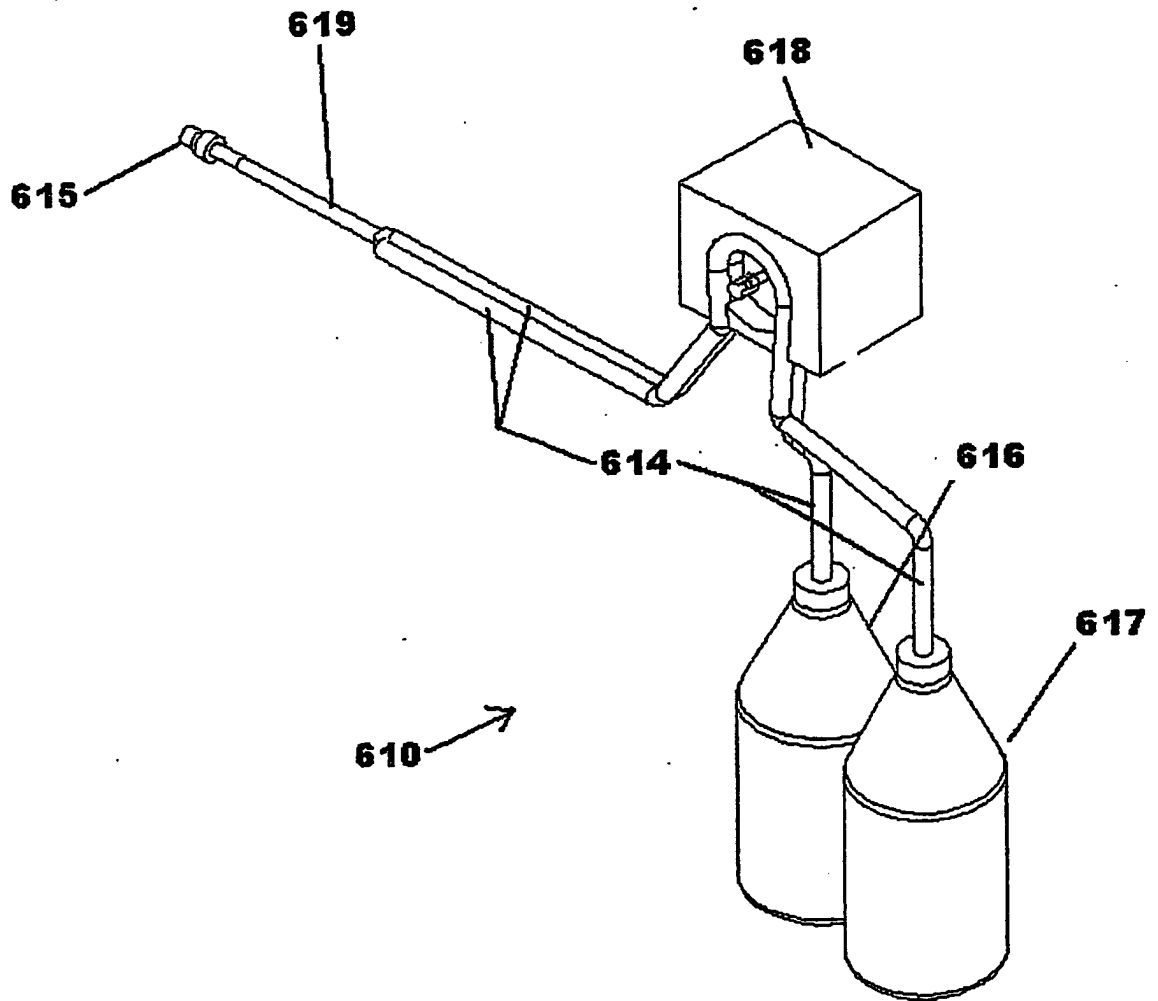


FIGURA 25

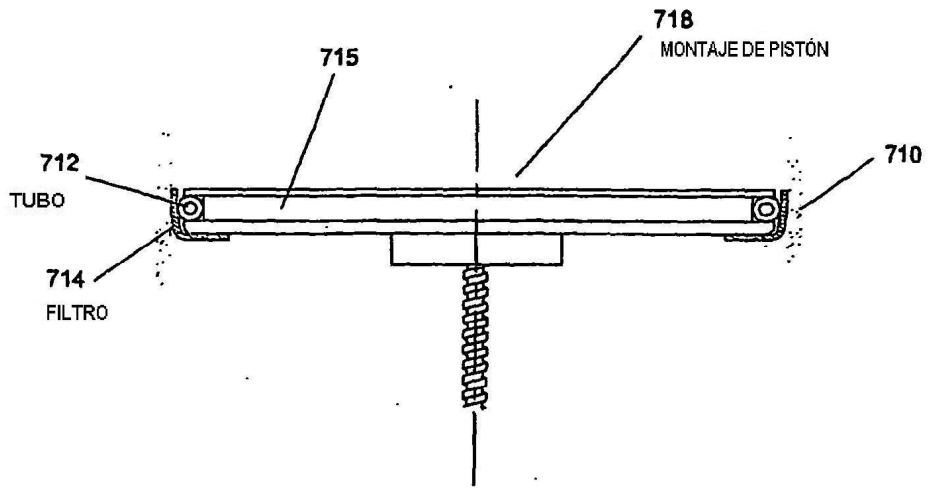


FIGURA 26

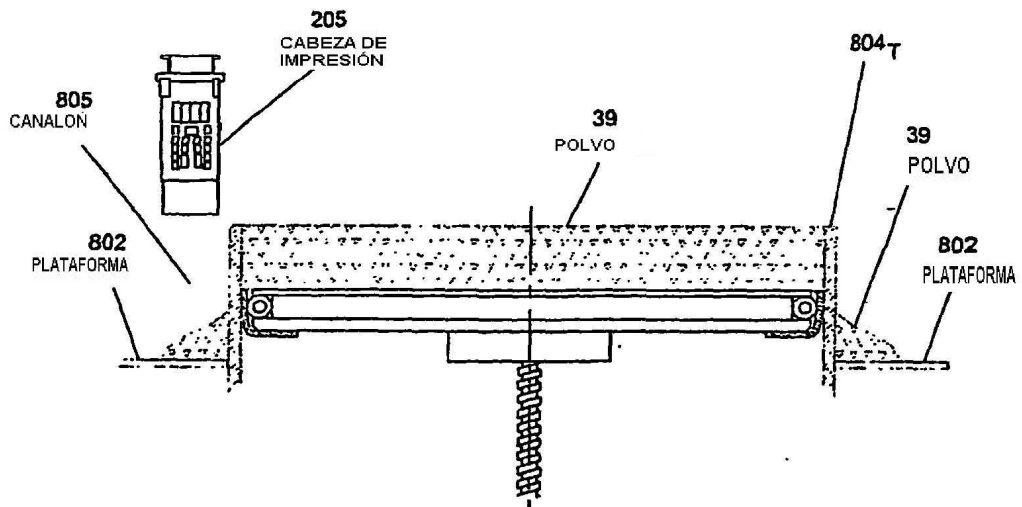


FIGURA 27

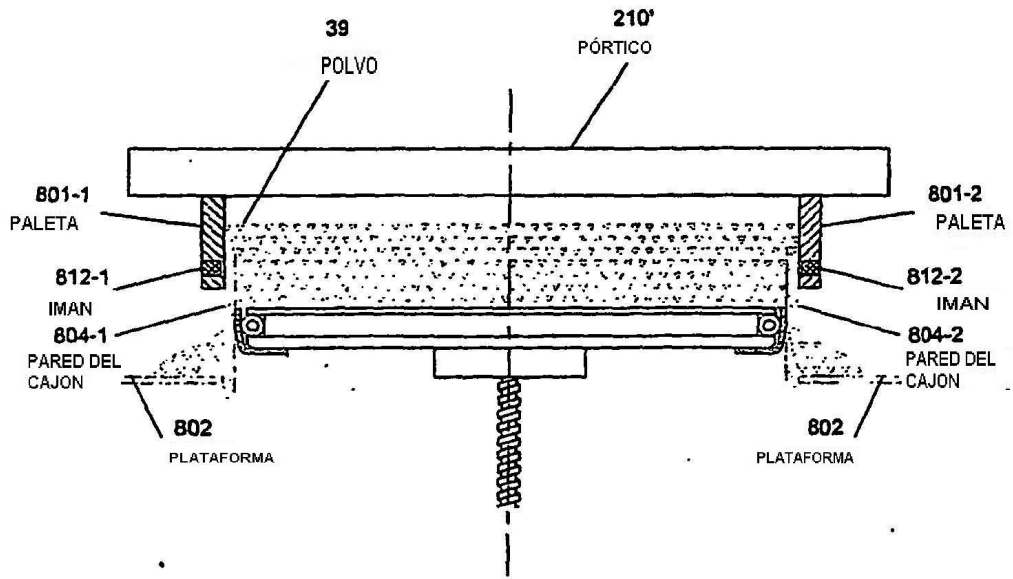


FIGURA 28

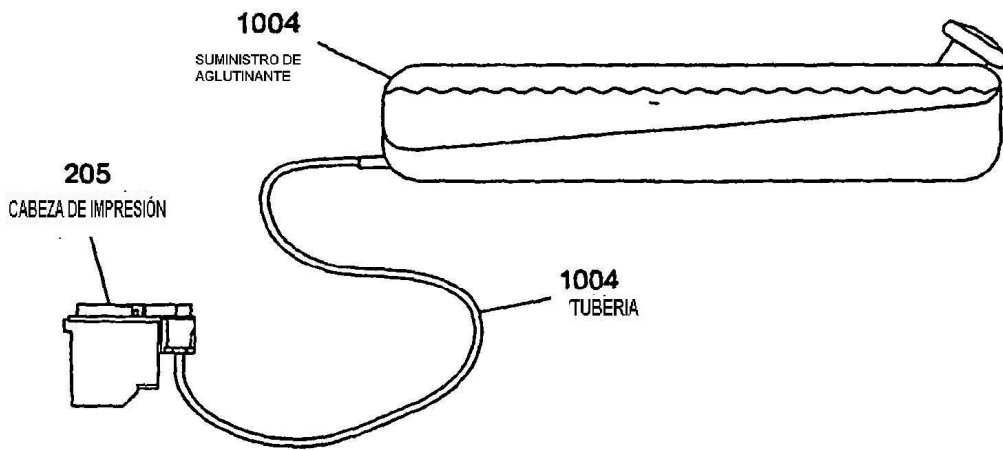


FIGURA 29