

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 383 630**

51 Int. Cl.:

**B66B 1/42** (2006.01)

**B66B 7/06** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Número de solicitud europea: **08830662 .6**

96 Fecha de presentación: **15.09.2008**

97 Número de publicación de la solicitud: **2197775**

97 Fecha de publicación de la solicitud: **23.06.2010**

54 Título: **Sistema y procedimiento para minimizar el balanceo de cables en ascensores**

30 Prioridad:  
14.09.2007 US 972495 P  
14.09.2007 US 972506 P  
18.08.2008 US 89633

45 Fecha de publicación de la mención BOPI:  
**22.06.2012**

45 Fecha de la publicación del folleto de la patente:  
**22.06.2012**

73 Titular/es:  
**THYSSENKRUPP ELEVATOR CAPITAL  
CORPORATION  
1950 CORDELL COURT SUITE 109  
EL CAJON, CA 92020, US**

72 Inventor/es:  
**SMITH, Rory, S.;  
KACZMARCZYK, Stefan;  
NICKERSON, Jim y  
BASS, Patrick**

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

ES 2 383 630 T3

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

## DESCRIPCIÓN

Sistema y procedimiento para minimizar el balanceo de cables en ascensores

### Campo de la invención

5 La presente invención se refiere, en general, a sistemas de ascensores y, en particular, al control activo de la frecuencia de los miembros de tensión.

### Antecedentes de la invención

Los miembros de tensión tales como cuerdas o cables están sometidos a oscilaciones. Estos miembros pueden ser excitados por fuerzas externas tales como el viento. Si la frecuencia de las fuerzas de excitación coincide con la frecuencia natural del miembro de tensión, entonces el miembro de tensión resonará.

10 Los vientos de alta velocidad hacen que los edificios se balanceen hacia delante y hacia atrás. La frecuencia del balanceo de edificios puede coincidir con la frecuencia natural del ascensor causando una resonancia. En la resonancia, la amplitud de las oscilaciones aumenta a menos limitada por alguna forma de amortiguación. Esta resonancia puede causar un daño significativo tanto al sistema de ascensores como a la estructura.

15 El documento JP 2003 104656 A divulga un dispositivo de carga de peso que se acopla a la polea de compensación dispuesta del lado de una sección de suelo de la caja de ascensor. Un sensor de vibraciones para detectar la cantidad de vibraciones del edificio y un panel de control de ascensor se instalan en una sala de máquinas en la parte superior de la caja del ascensor. Cuando el sensor detecta que la cantidad de vibraciones del edificio sobrepasa la cantidad de vibraciones predeterminada debido a un fuerte viento o terremoto, por ejemplo, el panel de control de ascensor hace que la resistencia a la tracción del cable aumente hasta una resistencia a la tracción predeterminada con un cierto nivel cambiante, y basándose en los datos de posición de una cabina de ascensor, se transmite una directiva de aumento o reducción de la resistencia a la tracción al dispositivo de carga de peso para devolver la resistencia a la tracción aumentada o reducida a la resistencia a la tracción normal. En consecuencia, un gato hidráulico que constituye el dispositivo de carga de peso se desplaza hacia arriba y hacia abajo una para variar la resistencia a la tracción de resistencia de la polea de compensación.

25 El documento JP 2001 247263 A divulga un sistema de ascensor según el preámbulo de la reivindicación 1.

### Breve descripción de los dibujos

Los dibujos incorporados y que forman parte de la memoria ilustran varios aspectos de la presente invención, y junto con la descripción sirven para explicar los principios de la invención; entendiéndose, sin embargo, que la presente invención no se limita a las disposiciones precisas mostradas. En los dibujos, los números de referencia similares se refieren a elementos similares en varias vistas. En los dibujos:

30 La figura 1 ilustra un sistema de ascensor que tiene una polea de cable de compensación ajustable.

La figura 2 ilustra una versión de un controlador PID que se puede usar en asociación con el sistema de ascensor de la figura 1.

35 La figura 3 ilustra una versión de un procedimiento para formar parte de esta invención para volver a nivelar un sistema de ascensor para minimizar los efectos de estiramiento de cable.

### Descripción detallada de la invención

Dos problemas importantes afectan a los ascensores de gran altura con cables de ascensor largos. Estos son el balanceo de los cables y la renivelación debida a la elongación de los cables. El balanceo de los cables, particularmente el balanceo del cable de compensación, es un problema importante en los edificios de gran altura.

40 La frecuencia fundamental (también denominada frecuencia natural) de una señal periódica es la inversa de la longitud del periodo de paso. El periodo de paso es, a su vez, la menor unidad de repetición de una señal. La significación de la definición del periodo de paso como la menor unidad de repetición se puede apreciar resaltando que dos o más periodos de paso concatenados forman un modelo de repetición en la señal. En las aplicaciones mecánicas un miembro de tensión, tal como un cable de suspensión, fijado a un extremo y con una masa fijada al otro extremo, es un único oscilador de grado de libertad. Una vez puesto en movimiento, oscilará a su frecuencia natural. Para un único oscilador de grado de libertad, un sistema en el cual se pueden describir el movimiento mediante una única coordenada, la frecuencia natural depende de dos propiedades del sistema; la masa y la rigidez. La amortiguación es cualquier efecto, bien generador deliberadamente o inherente a un sistema, que tiende a reducir la amplitud de las oscilaciones de un sistema oscilante.

50 Debido a la baja masa de la polea de compensación, la frecuencia natural de los cables de compensación es muy baja y normalmente es de entre 0,05Hz y 1 Hz. La siguiente ecuación (Ecuación 1) se usa para calcular la frecuencia natural de los cables de compensación en Hz:

$$f_n = \frac{n}{2L} \sqrt{g \left( \frac{M}{2n_c m} + \frac{L}{2} \right)} \quad (1)$$

en la que  $g = 9,81 \text{ m/s}^2$ ,  $n$  = número de modo de vibración,  $n_c$  = número de cables,  $L$  = longitud del cable (en metros m),  $M$  = masa del conjunto de polea de compensación (en kilogramos;  $kg$ ), y  $m$  = masa del cable por unidad de longitud (en kilogramo por metros;  $kg/m$ )

5 Se conoce que los edificios de gran altura oscilan durante condiciones ventosas. La frecuencia de oscilación de los edificios también es generalmente de entre 0,05 y 1 Hz. Debido a que la frecuencia natural de los cables de compensación es muy próxima a la frecuencia natural del edificio, se produce a menudo resonancia. La resonancia de los cables de compensación puede hacer que los cables golpeen contra las paredes y las puertas del ascensor causando daño y miedo a los pasajeros.

10 Para evitar esta resonancia la frecuencia de los cables se puede ajustar de manera que sea diferente de la de la propia estructura. Con referencia a la figura 1, un sistema de ascensor (10) comprende uno o más servoactuadores (12) fijados a una polea de compensación (14). El servoactuador (12) se configura para desplazar la polea verticalmente dentro de un intervalo predeterminado ( $u$ ). Un cable de compensación (16) se enrolla alrededor de la polea de compensación (14) y se fija en un primer extremo a una cabina (18) de ascensor y en un segundo extremo a un contrapeso (20). El cable de compensación (16) tendrá una frecuencia natural que es una función de la longitud del cable y la tensión del cable de compensación (16). En los edificios de gran altura, la frecuencia natural del cable de compensación (16) puede coincidir con la frecuencia natural de los edificios, conduciendo de este modo a una resonancia potencialmente dañina.

20 El cable de compensación (16) se puede fijar al ascensor (18) y/o el contrapeso (20) con un igualador de tensión de cable tal como el descrito, por ejemplo, en la Solicitud de patente provisional de los Estados Unidos con número de serie 61/073.911, presentada el 19 de junio de 2008, que se incorpora a la presente memoria por referencia. Cualquier cable apropiado, tal como cable de aramida o alambres, puede ser usado según las versiones descritas en la presente memoria. En una versión, se puede usar un cable que tiene una frecuencia natural relativamente alta.

25 En la versión del sistema de ascensor (10) mostrado en la figura 1, uno o más servoactuadores (12) se modulan en respuesta a un algoritmo de control que amortigua activamente la oscilación de los cables variando la tensión en los cables de compensación. El término "control de tendón" se refiere al ajuste activo de la tensión o la supresión activa de un miembro de tensión o cable de compensación para modificar la frecuencia natural del miembro de tensión.

30 El servo actuador (12) puede ser un servomotor, servomecanismo o cualquier otro dispositivo automático apropiado que usa un bucle de realimentación para ajustar el rendimiento de un mecanismo para modular el control de tendón. Los actuadores podrían cilindros y pistones hidráulicos, actuadores de husillo de bola, o cualquier actuador habitualmente usado en la industria de máquinas herramientas. En particular el servoactuador (12) se puede configurar para controlar la posición mecánica de la polea de compensación (14) a lo largo de un eje vertical creando una fuerza mecánica que empuja la polea de compensación (14) en una dirección generalmente hacia arriba o hacia abajo. Las fuerzas mecánicas se pueden conseguir con un motor eléctrico, la hidráulica o la neumática, y/o usando principios magnéticos.

35 En una versión, el servoactuador (12) funciona con el principio de realimentación negativa, donde la frecuencia natural del cable de compensación (16) se compara con la frecuencia natural del edificio medida por cualquier transductor o sensor apropiado. Un controlador (no mostrado) asociado al servoactuador (12) se puede suministrar con un algoritmo para calcular la diferencia entre la frecuencia natural del cable de compensación (16) y la frecuencia natural del edificio. Si la diferencia entre estas frecuencias está dentro de un intervalo predeterminado, el controlador puede dar instrucciones al servoactuador (12) para ajustar la posición de la polea de compensación (14) hasta que las respectivas frecuencias sean suficientemente diferentes. Cabe resaltar que se puede aplicar cualesquiera aplicaciones apropiadas de teoría de control a las versiones descritas en la presente memoria.

45 En una versión, para medir la frecuencia natural de un edificio, se posiciona un acelerómetro en la sala de máquinas del ascensor y el resultado del acelerómetro se integra dos veces para producir el desplazamiento. Durante periodos de vientos de gran velocidad los edificios se pueden balancear. El resultado integrado dos veces del acelerómetro se puede usar para determinar el desplazamiento de la sala de máquinas desde su localización normal.

Se pueden aplicar varias estrategias de control para efectuar el control de tendón tales como, por ejemplo, la estabilización exponencial, la realimentación proporcional, integral y derivada (PID), y el control de lógica difusa.

Cualquier medio de control apropiado se puede asociar al controlador para modular la frecuencia natural del cable de compensación (16). Se puede utilizar cualesquiera técnicas apropiadas de control de vibración activa (AVC) que implica que los actuadores generen fuerzas y que las apliquen a la estructura para reducir su respuesta dinámica.

5 Con referencia a la figura 2, el balanceo de los cables se puede modular, por ejemplo, por un controlador PID que vigila las frecuencias naturales del cable de compensación (16) en los edificios para prevenir la resonancia. Modular la frecuencia natural del cable de compensación (16) de la manera divulgada permite que el miembro de tensión sea amortiguado activamente. La figura 2 ilustra un esquema de una versión de un controlador proporcional-integral-derivado o "controlador PID" que se puede usar para amortiguar activamente un miembro de tensión. El controlador PID se puede aplicar mediante software en controladores lógicos programables (PLC) o en forma de controlador digital montado en panel. Alternativamente, el controlador PID puede ser un controlador analógico electrónico de un amplificador de estado sólido o de tubo, un condensador y una resistencia. Cabe resaltar que se puede incorporar cualquier controlador apropiado, cuando las versiones solo pueden usar uno o dos modos para proporcionar el control de sistema apropiado. Esto se puede conseguir, por ejemplo, poniendo a cero la ganancia de salidas de control no deseadas para crear un controlador PI, PD, P o I.

15 Cabe señalar que se puede realizar cualesquiera modificaciones al controlador PID incluyendo, por ejemplo, proporcionar un bucle PID con una banda muerta de salida para reducir la frecuencia activación de la salida. De esta manera el controlador PID mantendrá su salida estable si el cambio fuese pequeño de manera que se encontrase dentro del intervalo definido de banda muerta. Tal intervalo de banda muerta puede ser particularmente efectivo para amortiguar activamente los miembros de tensión donde no es necesario un valor de consigna preciso. Le controlador PID se puede, además, modificar o mejorado mediante procedimientos tales como programación de ganancia PID o lógica difusa.

Además, del balanceo de cables, el estiramiento de cables durante la carga y descarga puede causar problemas en los ascensores de gran altura. El estiramiento de cables se define con la siguiente ecuación:

$$S = \frac{P \times L}{A \times E \times n} \quad (2)$$

25 Donde  $S$  = estiramiento,  $P$  = carga,  $L$  = longitud del cable,  $A$  = área de sección transversal del cable,  $E$  = módulo de Young, y  $n$  = número de cables.

Los ascensores de gran altura tienen típicamente una o dos entradas en o próxima a la planta baja y entonces tienen una zona directa sin paradas hasta que se alcanza una zona local en la parte superior del edificio. En un edificio de 100 pisos, la zona local podría tener 10 paradas y la zona directa podría saltarse 80 o 90 plantas.

30 Otra aplicación de gran altura es el ascensor lanzadera. Por ejemplo, un ascensor lanzadera podría tener solo dos paradas, la planta baja y un nivel de observación en la planta 100. Tal ascensor podría viajar 450 metros entre plantas. En la planta superior tal estiramiento del cable del ascensor no es un problema importante porque la longitud del cable es corta. Sin embargo, el estiramiento del cable en las paradas inferiores es un problema debido a la longitud de cable mucho mayor.

35 Con referencia de nuevo a la figura 1, en una versión, los servoactuadores (12) están configurados para controlar el estiramiento de cable llevando a cabo una renivelación de la cabina del ascensor (18) en las paradas inferiores. A medida que las personas entran y salen de la cabina del ascensor (18) se hace necesario renivelar la cabina (18). Aunque es un procedimiento rutinario en todos los ascensores, es un problema especial en los ascensores de gran altura en los pisos inferiores porque hay un retardo entre el momento que la polea de compensación (14) vuelve y el momento en que se desplaza la cabina (18). Este retardo es debido al estiramiento del cable de compensación (16) y puede hacer que la cabina (18) oscile en la planta. Los sistemas anteriores han intentado minimizar el estiramiento del cable añadiendo cables de compensación adicionales, pero estos cables añaden un peso y un coste adicionales y generalmente no mejoran la seguridad del sistema, y funcionan casi exclusivamente para prevenir el estiramiento del cable. La versión del sistema de ascensor (10) mostrado en la figura 1 se puede configurar para renivelar la cabina (10) para reducir el estiramiento del cable.

Con referencia a la figura 3, se muestra una versión de un procedimiento (100) que no forma parte de esta invención para renivelar una cabina de ascensor (18) con un servoactuador (12). Las etapas del procedimiento (100) comprenden:

50 La etapa (102) incluye una cabina (18) de ascensor que viaja de una planta superior a la planta más baja de un edificio. La etapa (104) comprende aplicar un freno de máquina para mantener la cabina de ascensor (18) al nivel de de la planta más baja. La etapa (106) comprende abrir la puerta del ascensor y permitir que entren y salgan pasajeros en la parada más baja. La etapa (108) comprende la cabina de ascensor (18) subiendo a medida que el

5 peso de la cabina (18) se reduce debido a la salida de pasajeros. La etapa (110) comprende usar un sensor de nivelación para determinar hasta qué punto la cabina de ascensor se ha alejado de la posición de nivel. La etapa (112) comprende usar un servoactuador para ajustar la posición de la polea de compensación (14) para que la cabina (18) de ascensor permanezca sustancialmente nivelada durante el proceso de carga y descarga. Cabe resaltar que la renivelación se puede llevar a cabo en cualquier momento en cualquier planta.

10 El uso del sistema de ascensor (10) según el procedimiento (100) permite que la cabina de ascensor (18) se renivele sin añadir cables adicionales. Por ejemplo, en una instalación con cables de 22 metros, generalmente son necesarios siete cables para la elevación, pero se pueden proporcionar nueve para controlar el estiramiento de los cables. El procedimiento (100) puede eliminar la necesidad de dos cables adicionales necesarios para ayudar a controlar el estiramiento de los cables. Asimismo, el resto de los cables estará bajo mayor tensión y, de este modo, tendrán mayores frecuencias, lo cual puede ser ventajoso para evitar la resonancia.

15 Una ventaja adicional del procedimiento (100) puede ser la reducción de riesgo debido a un desplazamiento fortuito cuando las puertas se abren. Es posible, como consecuencia de un fallo de control, que la cabina se mueva rápidamente mientras los pasajeros están entrando o saliendo de la cabina porque se ha soldado el freno de máquina (desenganchado) y la máquina queda accionada. El resultado evidente de esto son graves daños o la muerte de los pasajeros. El procedimiento (100) puede reducir la probabilidad de daños porque la renivelación se lleva a cabo usando los actuadores cuyo intervalo de movimiento es limitado.

20 La posición del cable de compensación (16) respecto del edificio es también un factor que determina la producción de resonancia. Con referencia de nuevo a la figura 1, el cable de compensación (16) se puede fijar a unas conexiones en la parte inferior de la cabina de ascensor (18) y/o el contrapeso (20) asociado a un primer carro móvil (30) y un segundo carro móvil (32), respectivamente. En una versión, el primer y el segundo carros móviles son móviles tanto en la dirección hacia delante y hacia atrás (X) como en la dirección de lado a lado (Y). Fijado al carro se encuentra una pluralidad de servoactuadores (34), (36) que desplazan el primer y el segundo carros móviles en las direcciones X et Y. El movimiento de la localización de la conexión del cable de compensación (16) puede ayudar a evitar que los sistemas de ascensor (10) entren en resonancia con el edificio desplazando la frecuencia del cable de compensación (16).

SE puede mostrar que el desplazamiento u del tendón activo da como resultado una excitación paramétrica que facilita el control activo. Tratando el cable de compensación como una cuerda y teniendo en cuenta el efecto de estiramiento se puede representar un modelo monomodo mediante la siguiente ecuación:

$$m\ddot{y} + \frac{\pi^2}{L} [T + \alpha y^2 + \beta u(t)] y = 0 \quad (3)$$

30 en la que y representa el desplazamiento dinámico,  $\alpha$  y  $\beta$  son coeficientes conocidos, y la tensión media se representa por la ecuación:

$$T = Mg + mg \frac{L}{2} \quad (4)$$

35 Los servoactuadores (34), (36) pueden ser cualquier servoactuador apropiado tal como, por ejemplo, los descritos en la presente memoria. Los servoactuadores se pueden asociar a un controlador (38) configurado para ajustar la posición del primer y el segundo carros móviles (30), (32) en respuesta a la posición y el balanceo del edificio. El controlador se puede configurar con un bucle de realimentación que tiene un umbral predeterminado para cuando el balanceo del edificio se aproxima muy cerca de la posición el balanceo de los cables de compensación (16). Cuando se cruza tal umbral, el controlador (38) se puede configurar para ajustar la posición del primer y el segundo carros móviles (30), (32). La estabilización se puede conseguir a través de realimentación de velocidad lateral negativa como se indica en la siguiente ecuación.

$$u(t) = -Kw_t(L, t) \quad (5)$$

en la que  $u(t)$  = fuerza de entrada de control,  $K$  = constante de ganancia positiva, y  $w_t(L, t)$  = velocidad lateral de los

cables en el extremo  $x = L$ .

- 5 En una versión el carro móvil (30) posicionará el extremo fijo del cable de compensación (16) donde se posicionaría si el edificio no estuviese balanceándose. Por ejemplo, si el resultado del acelerómetro integrado dos veces indica que la parte superior del edificio se ha movido a una posición de +100 mm en el eje X y +200 mm en el eje Y, la determinación del cable de compensación (16) se desplazará a una posición -100 mm en la dirección X y -200 en la dirección Y. Los servoactuadores 34, 36 se pueden asociar con dispositivos de seguimiento que incluyen, por ejemplo, codificadores de posición. Sistemas digitales pueden incluir codificadores rotativos o codificadores lineales que son ópticos o magnéticos.
- 10 Las versiones presentadas en la presente divulgación se describen solo a título de ejemplo. De este modo, el alcance de la invención deberá estar determinado por las reivindicaciones adjuntas y sus equivalentes legales, en lugar de por los ejemplos dados.

**REIVINDICACIONES**

1.- Un sistema de ascensor (10) que comprende:

- 5 a) una cabina (18), de ascensor teniendo la cabina(18) de ascensor un primer carro móvil (30) asociado a una superficie inferior de la cabina de ascensor (10), en el cual el carro móvil (30) está asociado a un primer servoactuador (34) configurado para ajustar la posición del primer carro móvil (30),
- b) un contrapeso (20),
- 10 c) un cable de compensación (16), **caracterizado porque** el cable de compensación (16) está fijado en un primer extremo al primer carro móvil (30) y en un segundo extremo al contrapeso (20),
- d) una polea de compensación (14), estando el cable de compensación (16) enrollado alrededor de la polea de compensación (14),
- e) un controlador (38) asociado al primer servoactuador (34), en el cual el controlador (38) está configurado para poner en marcha el servoactuador (34) para ajustar la posición del primer carro móvil (30) para ajustar de forma correspondiente la posición del cable de compensación (16).

15 2.- El sistema de ascensor (10) de la reivindicación 1, en el cual el carro móvil (30) está configurado para trasladarse en direcciones adelante hacia atrás y de lado a lado a lo largo de la superficie inferior de la cabina (18) de ascensor.

3.- El sistema de ascensor (10) de la reivindicación 1, en el cual el controlador (38) está preprogramado con un algoritmo de control configurado para ajustar la posición del cable de compensación (16) de manera que se corresponda sustancialmente con la posición de una estructura de edificio.

20 4.- El sistema de ascensor (10) de la reivindicación 1, que comprende además, un segundo carro móvil (32) asociado a un segundo servoactuador (26), en el cual el segundo carro móvil (32) está asociado con una superficie inferior del contrapeso (20) y el segundo extremo de la polea de compensación (14).

25 5.- El sistema de ascensor (10) de la reivindicación 4, en el cual el primer carro móvil (30) y el segundo carro móvil (32) están configurados para ajustar la posición del cable de compensación (16) para que se corresponda con la posición de una estructura de edificio.



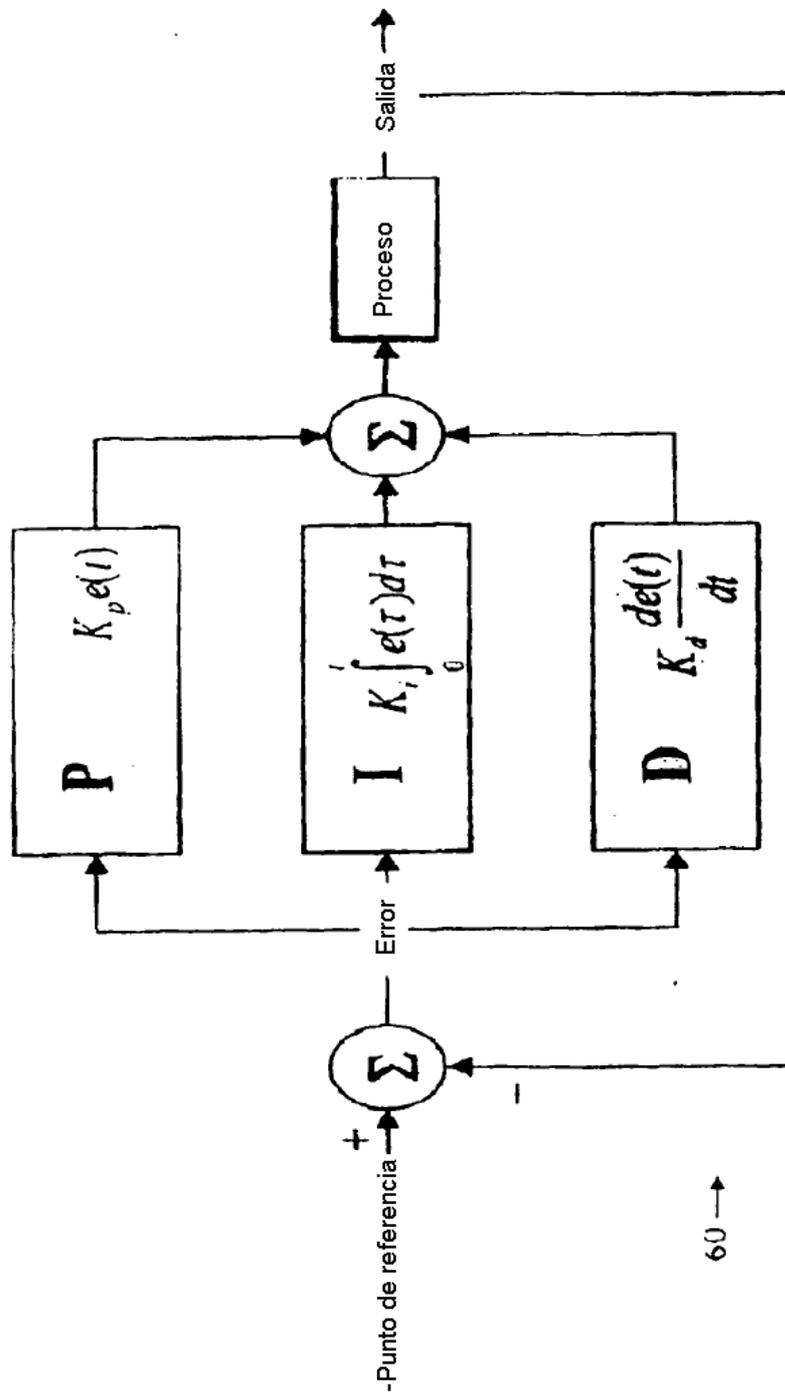


Figura 2

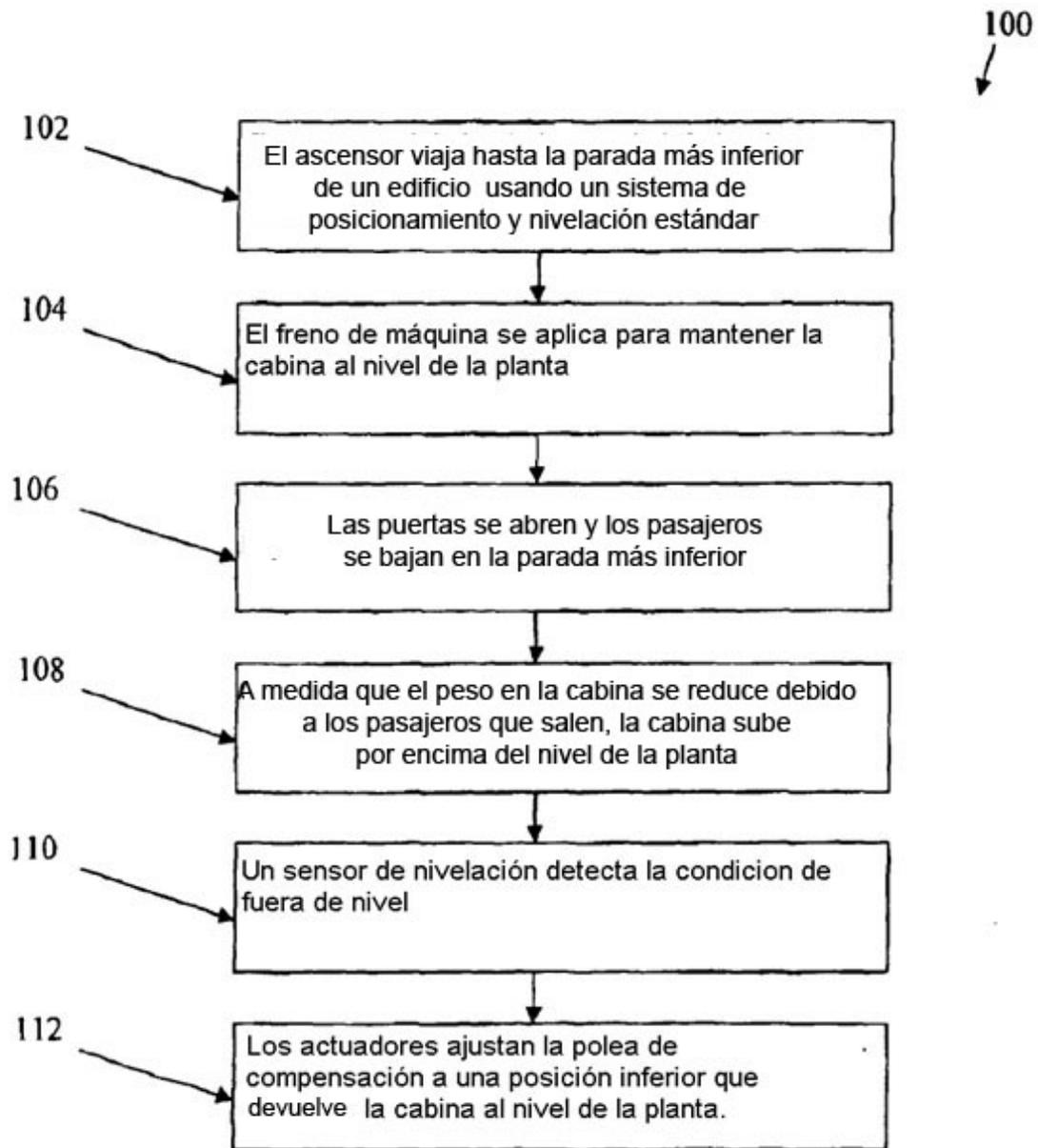


Figura 3