



19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

11 Número de publicación: **2 367 277**

51 Int. Cl.:  
**B01D 46/00** (2006.01)  
**F24F 3/16** (2006.01)  
**F04D 27/02** (2006.01)  
**F24F 11/00** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Número de solicitud europea: **09290252 .7**  
96 Fecha de presentación : **03.04.2009**  
97 Número de publicación de la solicitud: **2135660**  
97 Fecha de publicación de la solicitud: **23.12.2009**

54 Título: **Procedimiento de determinación del nivel de saturación de filtros de aire.**

30 Prioridad: **17.06.2008 FR 08 03372**

45 Fecha de publicación de la mención BOPI:  
**02.11.2011**

45 Fecha de la publicación del folleto de la patente:  
**02.11.2011**

73 Titular/es:  
**ATLANTIC CLIMATISATION ET VENTILATION**  
**13 Boulevard Monge**  
**69330 Meyzieu, FR**

72 Inventor/es: **Demia, Laurent y**  
**Petit, Frédéric**

74 Agente: **Carpintero López, Mario**

ES 2 367 277 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).

## DESCRIPCION

La presente invención se refiere a la regulación del caudal de aire en las instalaciones de ventilación que constan de columnas de extracción o de insuflación de aire que abastecen, cada una, a varios locales.

5 Una instalación de este tipo consta de un grupo de puesta en circulación de aire por medio de un moto-ventilador alojado en un cajón generalmente dispuesto en el techo de un inmueble cuyas viviendas son abastecidas por columnas de entrada y/o de aspiración de aire. Para limitar las pérdidas térmicas, cada vivienda puede estar equipada con una caja de doble flujo, es decir, un flujo cruzado entre el aire nuevo que entra y el aire viciado que es evacuado por la columna de aspiración.

10 El moto-ventilador consta de un filtro aguas arriba e, igualmente, la caja de cada vivienda consta de un par de filtros aguas arriba, es decir, un filtro de entrada a la vivienda, en la salida local de la columna de entrada, y un filtro de salida de la vivienda, en la zona de conexión entre un tubo de extracción de aire de la vivienda y la caja.

Con el paso del tiempo, la saturación de los filtros aumenta la pérdida de carga en la instalación y, por tanto, la eficacia del ventilador. Por encima de un determinado nivel, no puede garantizar la calidad de servicio deseada.

15 Como los filtros de las cajas individuales están distribuidos en las diferentes viviendas, evidentemente, queda excluido, por cuestiones de coste de personal, que miembros del servicio de mantenimiento pasen periódicamente para verificar el estado de saturación de los filtros y para, si fuera necesario, proceder a su sustitución.

20 Además, el documento FR-A-2 689 784 describe un dispositivo de detección de ensuciamiento de un filtro de aire situado en un conducto de una instalación de tratamiento de aire que funciona con caudal de aire constante o variable. Este dispositivo permite detectar el ensuciamiento del filtro mediante el tratamiento comparativo de medidas de velocidades de circulación, por una parte, del caudal que atraviesa el propio filtro y, por otra parte, del caudal establecido en un pequeño conducto auxiliar situado paralelo al filtro.

La presente invención pretende proponer una solución al problema anteriormente mencionado de control del estado de ensuciamiento, o de saturación, de los filtros de entrada y/o de salida de aire de los locales correspondientes.

25 Con este fin, la invención se refiere, en primer lugar, a un procedimiento de estimación de la evolución del nivel de saturación de filtros de aire instalados en diferentes locales y conectados a una instalación de al menos un conducto de intercambio de aire, activado por un ventilador accionado por un motor, caracterizado por la serie de etapas siguientes

30 a) en un instante inicial, se determina y almacena un conjunto inicial J0 de valores de parámetros asociados de funcionamiento de la instalación, parámetros que comprenden un parámetro de caudal de aire instantáneo garantizado por el ventilador y al menos un parámetro instantáneo asociado de funcionamiento del ventilador para garantizar el caudal de aire instantáneo considerado, variando los parámetros asociados de forma correlacionada para definir una curva de respuesta, inicial, prevista para la instalación.

b) en un instante cualquiera, se determinan los valores cualesquiera de dichos parámetros para un punto de funcionamiento cualquiera de dicha curva de respuesta, real,

35 c) se comparan los valores cualesquiera con el conjunto inicial J0 para determinar una dirección de desviación del punto de funcionamiento cualquiera respecto a la curva de respuesta inicial y

d) se determina un sentido de evolución del nivel de saturación según la dirección de la desviación.

40 En primer lugar, se observará que el instante inicial es arbitrario. Preferiblemente, será el momento de la puesta en marcha de la instalación. Sin embargo, de forma general, se puede prever un instante inicial "variable", para seguir el estado de la instalación con las sustituciones o limpiezas de algunos filtros. De esta forma, la invención permite el seguimiento, con el paso del tiempo, de las oscilaciones de saturación global de la instalación, es decir, por una parte, la saturación progresiva de todos los filtros, presentando cada filtro una velocidad propia de evolución de su saturación, en función de la polución del aire que lo atraviesa y de la duración de la apertura de la boca correspondiente, y, por otra parte, la gran caída en la saturación de las bocas o cajas cuyo filtro ha sido limpiado o sustituido por el usuario.

45 Preferiblemente, los instantes inicial y cualquiera se eligen durante un periodo de la jornada durante el cual la necesidad de caudal sea estable. En concreto, los instantes inicial y cualquiera se pueden elegir durante la noche, puesto que entonces la necesidad de caudal para la instalación es básicamente constante de un día a otro. Por ejemplo, al elegir los instantes inicial y cualquiera durante la noche, la necesidad de caudal en esos momentos puede ser igual al caudal mínimo de la instalación, puesto que ningún ocupante necesita un caudal de ventilación.

50 También se observará que, como la saturación induce una pérdida de carga, la invención se puede aplicar a cualquier sistema de fluidos, es decir, de gas o de líquido.

Además, los parámetros de funcionamiento que permiten garantizar el caudal considerado se eligen, ventajosamente, entre: la (de)presión que debe garantizar el ventilador, la potencia eléctrica del motor de accionamiento del ventilador, el par de salida del árbol motor, la intensidad de la corriente consumida por el motor o la frecuencia de rotación impuesta al motor.

5 Preferiblemente, en la etapa c), se mide la desviación para, en la etapa d), estimar un nivel de desviación de saturación, según una ley creciente con la desviación medida.

También se puede disponer de un valor global de saturación de la instalación para decidir realizar una acción de ajuste de la configuración de funcionamiento o una sustitución de los filtros si se supera un umbral superior de saturación.

10 Según una forma concreta de implementación del procedimiento, se almacenan dichos niveles de desviación de saturación con el tiempo para así elaborar una tabla de predicción temporal de la evolución del nivel de saturación y, a continuación, se usa la tabla de predicción para realizar dicha estimación del nivel de desviación de saturación.

15 La tabla se puede elaborar durante un primer periodo de funcionamiento de la instalación para, a continuación, extrapolar la curva de evolución de la saturación así elaborada, o bien la tabla se puede elaborar a partir de otra instalación del mismo tipo, más antigua, para disponer así de dicha curva durante un periodo prolongado y, por tanto, sin necesidad de extrapolación.

20 Para mejorar la utilización de la tabla, se comparan las condiciones reales del entorno efectivo de uso de los filtros con condiciones homólogas que hayan existido durante la elaboración de la tabla de predicción y se aumenta, respectivamente disminuye, una escala de tiempo de la tabla de predicción según si las condiciones reales del entorno efectivo son menos severas, respectivamente más severas, que las asociadas a la tabla de predicción.

La información sobre la saturación puede servir para determinar un valor de periodicidad de intervenciones que se deben prever para la sustitución de los filtros.

25 No obstante, además es ventajoso usar la información de saturación para ajustar las condiciones de funcionamiento de la instalación, es decir, mantener el rendimiento requerido. De hecho, en ausencia de ajustes, sería necesario considerar un gran margen de seguridad para tolerar la saturación, representando este margen de seguridad un excedente de consumo eléctrico, que no tendría razón de ser excepto al final del ciclo, es decir, cuando el nivel de saturación de los filtros ha alcanzado el límite admisible. La determinación de la información relativa a la saturación constituye así una primera fase, de estimación del estado de saturación de la instalación, para que, en una segunda fase, ella misma determine nuevas condiciones de funcionamiento, perfectamente adaptadas a las nuevas condiciones de saturación. Puesto que de esta forma la instalación es auto-adaptable, no es, por tanto, útil prever un gran margen de seguridad en lo que respecta a la (de)presión que debe garantizar el ventilador, es decir, la potencia del mismo.

De esta forma, se puede prever la corrección de una curva de configuración de regulación del ventilador aplicando a la misma una desviación de la configuración en un sentido función de dicha dirección de desviación de la saturación.

35 En concreto, en tal caso, se puede asignar, a la desviación de la configuración, una amplitud función de dicho nivel de desviación de la saturación.

En una forma concreta de regulación, especificando la curva de configuración una presión de configuración determinada para cualquier caudal de aire, la amplitud de la desviación de la configuración, de presión, presenta de la forma:

40  $\Delta P = \Delta P_m \times (Q_{BL} / Q_m)^2$

en la cual

$\Delta P_m$  es un valor de pérdida de carga medido en dicho filtro para un caudal de aire  $Q_m$ , y

$Q_{BL}$  es un valor de caudal de aire individual máximo previsto para una boca del conducto, es decir, una boca con caudal máximo de aire respecto a las otras.

45 Según otra forma concreta de regulación, especificando la curva de configuración un caudal de aire de configuración, la amplitud de la desviación de la configuración, de presión, presenta de la forma:

$\Delta P = (P_{1min} - P_{min}) \times (Q_{BL} / Q_{min})^2$

en la cual

$P_{1min}$  es un valor cualquiera de presión para garantizar el caudal de aire de configuración,

$P_{min}$  es un valor inicial de presión para garantizar el caudal de aire de configuración,

$Q_B$  es, como anteriormente, un valor de caudal de aire individual máximo previsto para una boca del conducto, y

$Q_{min}$  es un valor de caudal de aire  $Q$  mínimo previsto para la instalación.

5 En los dos casos anteriores, se puede corregir la curva de configuración añadiendo a la misma una función del valor de la amplitud  $\Delta P$  de la desviación de la configuración tal como la calculada anteriormente, siendo esta función además creciente con el valor del caudal de aire instantáneo  $Q$  que hay que garantizar.

10 El valor de la desviación de presión  $\Delta P$  es, de hecho, un valor que, según las dos fórmulas anteriores, está normalizado para un valor máximo, para satisfacer cualquier necesidad de caudal de aire máximo. No obstante, se puede disminuir esta corrección máxima cuando la necesidad real de caudal de aire es menor. La corrección puede seguir, por ejemplo, una ley cuadrática respecto al caudal de aire real para así compensar mejor las pérdidas de carga.

Para indicar una desviación excesiva, que requiera una intervención sobre los filtros, se compara el nivel de desviación con un umbral superior, de desviación admisible, y se genera una alarma si se alcanza el umbral superior.

Según una forma de implementación del procedimiento,

15 - en la etapa b), se aplica un estímulo en forma de desplazamiento de presión con un valor cualquiera de presión de aire garantizado por el ventilador, por desplazamiento del valor de dicho parámetro asociado, respecto a un valor homólogo del conjunto inicial  $J_0$ , y

- en la etapa c), a modo de dicha desviación, se mide una variación del caudal de aire, inducida por dicho desplazamiento de presión.

En tal caso, se puede prever que:

20 - se repitan, al menos una vez, en un instante cualquiera posterior, las etapas anteriores, calculando cada vez una pendiente cualquiera respectiva  $\Delta Q_x/\Delta P_x$  y  $\Delta Q_y/\Delta P_y$ , de variación de caudal de aire respecto a una variación de presión, y

- en la etapa c), se comparen las pendientes cualesquiera respectivas  $\Delta Q_x/\Delta P_x$   $\Delta Q_y/\Delta P_y$  para determinar dicha dirección de desviación del punto de funcionamiento cualquiera.

25 De esta forma, a medida que crece la saturación, la pérdida de carga correspondiente en los filtros limita el aumento de caudal de aire en caso de estímulo de aumento de (de)presión. Dicho de otro modo, la instalación presente una huella, de respuesta a los estímulos de aumento de (de)presión, que disminuye, puesto que el caudal de aire está limitado por la saturación.

30 Para simplificar los cálculos, la variación de presión está normalizada para un mismo valor predeterminado ( $\Delta P_x = \Delta P_y$ ) para los diferentes instantes (x, y) y se tiene en cuenta el valor de la variación del caudal de aire a modo de valor de dicha pendiente.

35 En estas últimas formas de implementación se puede prever que el estímulo sea producido por el desplazamiento del valor de un parámetro de control de funcionamiento del ventilador, que constituye dicho parámetro asociado, por ejemplo, la potencia eléctrica del motor de accionamiento del ventilador o incluso la frecuencia de rotación que se le impone.

Según otra forma de implementación del procedimiento:

- se aplica un estímulo en forma de desplazamiento  $\Delta Q_x$  de un valor cualquiera de dicho caudal de aire  $Q_x$  del ventilador, respecto a un valor homólogo  $Q_0$  del conjunto inicial  $J_0$ ,

- se detecta una variación de dicho parámetro asociado inducida por dicho desplazamiento de caudal de aire, y

40 - se determina dicho sentido de evolución del nivel de saturación según un signo de una sensibilidad del parámetro asociado a dicho estímulo.

Dicha medida de desviación corresponde, por ejemplo, a una medida de una amplitud de dicha sensibilidad, representada por una amplitud de dicha variación inducida del parámetro asociado.

45 El estímulo puede ser natural, es decir, corresponder a la apertura o cierre de una boca por un usuario. También puede ser provocado por un gestor de la instalación, es decir, una persona o bien un sistema electrónico que controla el ventilador.

La variación del caudal de aire se traduce, por tanto, en una variación de las condiciones de carga del ventilador.

5 Por una parte, si el nivel de alimentación eléctrica del mismo es fijo, es decir, si el ventilador funciona según una curva de respuesta presión/caudal de aire natural, un aumento del caudal de aire disminuirá, por tanto, la depresión producida por el ventilador, si suponemos que funciona aspirando.

Por otra parte, si la potencia de alimentación del ventilador es controlada por un dispositivo electrónico para que permanezca según una curva de respuesta de configuración, la variación de presión, provocada por el estímulo de variación del caudal de aire, será compensada por el sistema de control, es decir, enmascarada, y, por tanto, la nueva orden de control aplicada al ventilador constituirá la huella de respuesta de la instalación al estímulo.

10 Resumiendo, el estímulo creado a nivel del parámetro de servicio, "aguas abajo", de la instalación, es decir, el servicio de caudal de aire suficiente que hay que garantizar a los usuarios, induce una modificación de al menos un parámetro "aguas arriba", lo que permite garantizar el valor deseado del parámetro aguas abajo ser, de caudal de aire, pudiendo este parámetro aguas arriba modificado, según los dos casos expuestos anteriormente, la (de)presión producida por el ventilador o bien la potencia de accionamiento del mismo.

15 En tal caso, se puede prever que:

- se repitan al menos una vez las etapas anteriores, en un instante cualquiera posterior, y
- se calcule, cada vez, una pendiente cualquiera respectiva  $\Delta Q_x/\Delta P_x$ ,  $\Delta Q_y/\Delta P_y$ , cuyo signo de evolución del valor con el tiempo indica el sentido de evolución del nivel de saturación.

20 Como se ha indicado anteriormente, en lo que respecta al caso de un ventilador de potencia controlada, en una etapa final, para determinar dicha sensibilidad del parámetro asociado, se puede incluir una modificación con un valor de ajuste de un parámetro de control de funcionamiento del ventilador, que constituye dicho parámetro asociado, para compensar, al menos un determinado porcentaje, dicha variación de dicho parámetro asociado inducida por dicho desplazamiento de caudal de aire, y dicha sensibilidad de dicho parámetro asociado se determina según el valor de dicha modificación incluida, relacionada con dicho porcentaje.

25 Según una forma de implementación concreta del procedimiento, habiendo previsto una boca de servicio de referencia, con caudal de referencia, se conmuta su estado para pasar, en un sentido cualquiera conocido, entre dos estados extremos, respectivamente de cierre y de apertura, para generar, en el instante cualquiera  $T_x$ , un desplazamiento  $\Delta Q_x$  de un valor cualquiera de dicho caudal de aire  $Q_x$  del ventilador, respecto a un valor homólogo  $Q_0$  del conjunto inicial  $J_0$ ,

30 - y se llevan a cabo las etapas b) y siguientes.

Si, por ejemplo, se abre la boca de referencia, la misma cortocircuitará parcialmente las otras bocas de una columna que constituye dicho conducto, con un efecto de corto-circuito mayor cuanto más cercanas y más saturadas estén las mismas. Así, y de forma muy esquemática, si el filtro de una boca cercana está limpio, la pérdida de carga en la misma es limitada y, por tanto, también lo es la caída, así provocada, de la presión diferencial.

35 Si suponemos, a modo meramente didáctico, que solo hay una boca de vivienda de apertura en la instalación, la apertura de la boca de referencia duplicará el caudal de aire que entra en el conducto común de conexión, suponiendo, por simplicidad de la explicación, que las dos bocas tienen el mismo caudal nominal. Por el contrario, si el filtro de la boca de la vivienda está saturado, su presión diferencial es elevada, es decir, a la columna de conexión le "falta" aire a este nivel. Por tanto, la apertura de la boca de referencia modificará más intensamente el nivel de presión en la columna, es decir, más que duplicar la llegada de aire y, por tanto, llevará bruscamente la presión interna hacia la presión atmosférica, puesto que la boca de referencia garantizará un caudal de aire muy superior al que atraviesa el filtro saturado.

40 Así, ventajosamente, se realiza una conmutación progresiva de caudal de aire por conmutación progresiva del estado de la boca de servicio de referencia entre los estados extremos y se realiza, en una pluralidad de  $N$  instantes cualquiera, dicha pluralidad  $N$  de muestreos de la respuesta de la instalación en términos de dichos valores cualesquiera de dichos parámetros según la etapa b) y, según la pluralidad de dichos niveles de desviación así obtenidos, se elabora una curva de sensibilidad de respuesta de la instalación respecto a dicha conmutación de caudal de aire.

Por tanto, se puede prever que:

- 50
- se modelice el estado de otra pluralidad de filtros de dicho conducto, según una ecuación que incluye, en variables, los niveles respectivos de saturación de la otra pluralidad de filtros,
  - se realice dicha pluralidad de muestreos al menos igual a la otra pluralidad de filtros, y

- se establezca así al menos dicha otra pluralidad de dichas ecuaciones, lo que permite determinar a partir de las mismas dicha otra pluralidad de valores de variables de saturación.

De esta forma, la conmutación progresiva de la boca de referencia equivale a inyectar N valores de estímulos para así determinar el mismo número de huellas de respuesta de la instalación. El análisis de la correlación entre estas huellas, es decir, la correlación debida al hecho de que el nivel determinado de saturación de cada filtro se manifiesta en cada ecuación, permite, por tanto, individualizar el nivel de saturación de cada filtro. Es, por tanto, un resultado de gran valor puesto que permite establecer un diagnóstico a distancia para cada filtro y, por tanto, sin tener que realizar visitas periódicas al lugar.

En concreto, como los filtros de cada local respectivo están conectados de forma escalonada en el conducto, no se considera que estén estrictamente paralelos entre sí, puesto que los separa un segmento del conducto. De esta forma, la respuesta de cada filtro se manifiesta, a nivel del ventilador, mediante una pérdida de carga instantánea en el conducto, siendo el valor de esta pérdida de carga instantánea específico para cada filtro. Dicho de otro modo, cada filtro está asociado a dos variables que son su nivel de saturación (y, por tanto, su pérdida de carga para un caudal de aire instantáneo) y la pérdida de carga que experimenta ese caudal de aire hasta el ventilador. Así, aunque las bocas, equipadas con filtros, se influyen entre sí debido al flujo de aire que cada una intercambia con el conducto, y que crea un suplemento de pérdida de carga, la boca de origen de una modificación del estado (de)presión / caudal de aire en el conducto, debido a la saturación de la boca, se podrá, finalmente, distinguir de las otras. Cada manifestación del nivel de saturación de un filtro resulta así afectada una "cantidad" (pérdida de carga en el segmento) que es característica del mismo en el instante considerado. Una pluralidad de mediciones en diversos estados permite, por tanto, "separar las variables".

Según otra forma de implementación del procedimiento:

- se almacena un valor medio de uno de dichos parámetros durante un intervalo de tiempo predeterminado y con una duración que represente varios ciclos de uso de la instalación, y

- igualmente, se determina, durante uno de dichos ciclos, posterior, dicho valor medio cualquiera del parámetro,

- y se lleva a cabo la etapa c) según dichos valores cualesquiera, respectivamente almacenado y cualquiera.

Así se crea un historial de la huella de respuesta de la instalación, con una integración, por ejemplo, durante varios días o varias semanas, constituyendo cada día un ciclo de uso primario, cuya validez, como base de referencia, se puede ampliar a un ciclo semanal. También se pueden tener en cuenta las estaciones, para validar una base de referencia de este tipo durante la estación considerada y validar otra base de referencia de este tipo durante otra estación, puesto que la tasa de uso de las bocas puede variar según las estaciones, debido a una modificación de las necesidades de los usuarios o, incluso, debido a su ausencia, por ejemplo, en verano.

Ventajosamente,

- se modifica un nivel cualquiera de presión en la instalación durante un intervalo que supere un valor de umbral mínimo para el buen funcionamiento de las bocas, asociadas a los respectivos filtros, con limitación del caudal de aire por encima de un caudal de aire nominal en caso de presión diferencial que supere una presión diferencial predeterminada correspondiente a dicho umbral mínimo y que garantice al menos el caudal de aire nominal,

- se muestrea, con el tiempo, el valor del caudal de aire para medir una variación del caudal de aire así inducida, para elaborar una curva de respuesta real de caudal de aire, y

- se localiza, sobre la curva de respuesta real de caudal de aire, al menos un cambio de pendiente correspondiente a una transición entre un funcionamiento incorrecto de una de las bocas, con caudal de aire inferior al caudal de aire nominal, y un buen funcionamiento, con caudal de aire que supera el caudal de aire nominal, y que provoca así la limitación del caudal de aire, lo que proporciona una medida de la presión diferencial de la boca considerada para las condiciones de funcionamiento de la instalación, definidas por los parámetros.

Por tanto, se usan las bocas con limitación de caudal de aire como una especie de sensor de seguridad, lo que proporcionará, por su respuesta, que presenta un codo, la indicación del paso por un valor conocido de (de)presión en un punto determinado del conducto. Por tanto, basta con prever una dinámica suficiente de variación de (de)presión, en un sentido u otro, para, por ejemplo, hacer que se "desconecten" sucesivamente las diferentes bocas mediante una reducción de la (de)presión aplicada, desconectándose primero las bocas más desfavorecidas, debido a su paso por debajo de la presión diferencial umbral. Así se puede elaborar un "mapa" de presión a lo largo del conducto, en función de la (de)presión aplicada por el ventilador.

La invención se refiere también a un grupo de ventilación para la implementación del procedimiento según la invención, que incluye una unidad central de control de un motor de accionamiento de un ventilador previsto para ser conectado a una instalación de ventilación que incluye al menos un conducto de intercambio de aire con diversos locales, caracterizado por el hecho de que incluye:

5 - circuitos de control del ventilador dispuestos para, en un instante inicial, determinar y almacenar un conjunto inicial J0 de valores de parámetros asociados de funcionamiento de la instalación, parámetros que comprenden un parámetro de caudal de aire instantáneo garantizado por el ventilador y al menos un parámetro instantáneo asociado de funcionamiento del ventilador para garantizar el caudal de aire instantáneo considerado, variando los parámetros asociados de forma correlacionada para definir una curva de respuesta, inicial, prevista para la instalación, estando dispuestos los circuitos de control para, en un instante cualquiera, determinar valores cualesquiera de dichos parámetros para un punto de funcionamiento cualquiera de dicha curva de respuesta, real, y

10 - circuitos de cálculo, dispuestos para comparar los valores cualesquiera con el conjunto inicial J0 para determinar una dirección de desviación del punto de funcionamiento cualquiera respecto a la curva de respuesta inicial, y dispuestos para determinar un sentido de evolución del nivel de saturación según la dirección de la desviación.

La invención se comprenderá mejor con la ayuda de la descripción posterior de un modo de implementación del procedimiento de la invención en una instalación de ventilación que pone en práctica el procedimiento de la invención, en referencia a las figuras adjuntas, las cuales:

15 - la figura 1 es una vista general esquemática de la arquitectura de una instalación de ventilación que incluye el grupo de ventilación de la invención, conectado a las columnas de aspiración que abastecen diversas viviendas de un inmueble,

- la figura 2 es un diagrama de bloques funcionales que ilustra la constitución del grupo de ventilación,

- la figura 3 es una vista esquemática de una instalación más completa que la de la figura 1, es decir, cuya arquitectura ha sido dividida en dos redes homólogas ramificadas para realizar así una insuflación de aire en las viviendas, mediante intercambiadores térmicos de flujo cruzado,

20 - la figura 4 representa diversas curvas de respuesta, natural o de configuración, de un ventilador que garantiza la circulación del aire en una de las dos redes,

- la figura 5 ilustra una curva de configuración con depresión constante en función del caudal de aire Q, pudiendo, no obstante, aumentar el valor de depresión de configuración "constante" para compensar una pérdida de carga debida a la saturación de los filtros,

25 - la figura 6 es una homóloga de la figura 5, pero en caso de una regulación con depresión creciente con el caudal de aire,

- la figura 7 es un gráfico que ilustra la desviación de un intervalo de caudales de aire con el tiempo,

- la figura 8 es un esquema eléctrico que modeliza la instalación,

- la figura 9 es un esquema que representa las diferentes tensiones del esquema de la figura 8, y

30 - la figura 10 representa una curva de respuesta que muestra la variación del caudal de aire en función de la presión.

La figura 1 representa esquemáticamente una instalación de ventilación, en este ejemplo de extracción de aire de diversos locales por aspiración mediante una red ramificada de canalizaciones. La red comprende aquí un número BR = dos ramas 10, 20 que dan a un tronco común constituido por un grupo de ventilación 1 que incluye una caja 2 conectada a un extremo aguas abajo de las ramas 10, 20 respectivas y que contiene un conjunto moto-ventilador con un motor 8 de accionamiento de un ventilador 9 de aspiración del aire de las ramas 10, 20 para expulsarlo a la atmósfera. La rama 10 recoge el aire de una pluralidad, aquí dos, columnas 11, 12, provista cada una de una pluralidad de dispositivos susceptibles de saturarse e inducir pérdidas de carga suplementarias, tales como las bocas 111, 112 y otras, y, respectivamente, 121, 122 y otras, de aireación de locales como, por ejemplo, cocinas o baños de uno o varios inmuebles colectivos. Igualmente, la rama 20 recoge el aire de una pluralidad, aquí tres, columnas 21, 22, 23, provista cada una de una pluralidad de bocas 211, 212 y otras, y 221, 222 y otras, y 231, 232, 233, 239 y otras, de aireación de locales del mismo tipo. De esta forma, hay un número CO = 5 de columnas que incluyen, cada una, un número concreto BO de bocas, indicadas de forma general con la referencia 120, con un filtro de aire asociado indicado de forma general con la referencia 130.

45 Cada boca 120 está equipada con uno o varios reguladores para que el usuario de un local controle la apertura, o el cierre que lo aisle parcialmente de la instalación, sabiendo que dicha posición de cierre permite un caudal denominado mínimo. Por tanto, se considera que, si todas las bocas de aspiración 120 están casi cerradas, el ventilador 9 generará una gran depresión en el conjunto de la instalación, por lo que presentará una buena eficacia técnica. No obstante, en dicha situación, el rendimiento, es decir, el servicio proporcionado, será bajo.

50 Las bocas 120 son, típicamente, de dos tipos posibles: auto-regulables e higró-regulables, requiriendo cada tipo una diferencia de presión superior a un umbral mínimo concreto de presión diferencial PDs. Una boca auto-regulable extrae el aire según un caudal de aire limitado por un valor nominal Qn, es decir, que sólo puede aumentar según una pendiente muy pequeña desde el momento que la presión diferencial aplicada a la misma supera el umbral

inferior mínimo de buen funcionamiento, es decir, la presión diferencial PDs, mientras que un boca higro-regulable presenta un caudal de aire que aumenta con la tasa de humedad, lo que produce su apertura progresiva. Excepto por las diferencias anteriores relativas a su estructura, también se distinguen las bocas de cocinas, que presentan caudales más elevados que las de los sanitarios y generalmente están asociadas a un temporizador de 30 minutos que controla el usuario para pasar al caudal de aire máximo. Un sistema generalmente es higro- o auto-regulable.

Si una o varias bocas 120 se abren, la depresión, por tanto, disminuirá en la instalación, puesto que los diferentes flujos de aire suplementarios que se propagarán por las columnas y las ramas 10, 20 verán perturbada su circulación, y, por tanto, frenada, por el rozamiento con las paredes del conducto correspondiente. De esta forma, se produce una pérdida de carga que hace que el ventilador 9 no pueda imponer totalmente su valor de depresión a nivel de las bocas 120. Como la eficacia de una boca 120 depende de la depresión aguas abajo respecto a la presión atmosférica en el local, aguas arriba, se considera que esta depresión debe ser suficiente para garantizar el caudal de aire nominal Qn, en la práctica una depresión, o una presión diferencial PDs, de al menos 60, incluso 80, Pascal. Se considera que el nivel de saturación del filtro de aire 130 asociado a la boca 120 tiende a hacer aumentar los valores requeridos de presión diferencial PDs.

En la figura 1, la boca 239, en el extremo aguas arriba, cerrada, de la columna 23, se supone que es la boca más desfavorecida, es decir, aquella cuya trayecto (23, 20) de conexión hasta la caja 2 corresponde a una pérdida de carga máxima. Esta pérdida de carga, que es debida a la de la rama 20 y también a la de la columna 23, teniendo en cuenta su sección y la forma de su recorrido, depende también del número de las otras eventuales bocas 120 abiertas y de sus posiciones. Se considera, fácilmente, que si todas las bocas 231, 232 y otras de la columna 23 están abiertas, el flujo de aire es, por tanto, máximo, aunque su circulación es ralentizada debido a la pérdida de carga máxima.

Cada boca 120 está equipada con el filtro de aire 130 para evitar la obstrucción de la instalación por el polvo graso, que se pega a las paredes. En concreto, este es el caso cuando cada boca 120 está conectada a la entrada de una caja de un intercambiador térmico de doble flujo, como se expone posteriormente en referencia a la figura 3. El filtro es, en concreto, muy útil para bloquear los humos grasos procedentes de las cocinas. Así, de forma general, cada columna está conectada a una boca 120 a través de un filtro 130, estando este filtro 130 integrado en la boca 120 o integrado en la caja del intercambiador.

La figura 2 representa el diagrama de bloques funcionales que ilustra la constitución del grupo de ventilación 1. El grupo de ventilación 1 incluye una unidad central 20C de control del motor 8 de accionamiento del ventilador 9 destinado a garantizar la circulación de aire en las bocas 120, que presentan una determinada distribución a lo largo de la columna considerada.

La unidad central 20C incluye una base de tiempos 10B que controla un bloque de cálculo 11C asociado a circuitos secuenciadores 12C que ejecutan las etapas del procedimiento según la invención. Los circuitos secuenciadores 12C controlan los circuitos de control 13 que controlan los circuitos 14 de ajuste de la potencia del ventilador 9, mediante una orden del motor 8. Los circuitos de ajuste 14 incluyen circuitos 16 de alimentación variable del motor 8. Un caudalímetro 5 y un sensor de presión 6 miden las dos variables consideradas a nivel del ventilador 9, aguas arriba al menos en lo que respecta al sensor de presión 6, para proporcionar las medidas correspondientes a los circuitos de control 13.

Como se ha indicado, la depresión P anterior sería una sobrepresión en el caso de una instalación de insuflación de aire. En ambos casos se trata, por tanto, de un aumento de la diferencia absoluta de la presión útil cualquiera respecto a la presión atmosférica, a ambos lados respectivos del ventilador 9.

La figura 3 representa esquemáticamente una instalación que incluye dos arquitecturas gemelas, concretamente una instalación con una red ramificada de aspiración de aire procedente de las viviendas y una instalación doble de insuflación de aire en las mismas.

Esta segunda instalación presenta una arquitectura del mismo tipo que la instalación de aspiración, siendo la única diferencia que el ventilador 9 considerado proporciona una sobrepresión en las columnas de insuflación.

Para limitar la pérdida térmica relacionada con la extracción del aire de cada vivienda, cada una de las mismas está equipada con una caja interna con intercambiador de calor bidireccional 60. La caja 60, de funcionamiento estático o rotativo, de doble flujo, está conectada, mediante una columna 81, de insuflación, a un cajón externo común de insuflación 82, situado, por ejemplo, en el techo, que aspira aire de la atmósfera. De forma simétrica, una columna 91, de extracción, conecta la caja 60 a un cajón externo común de extracción de aire 92, con referencia 2 en la figura 1.

La caja 60 contiene un intercambiador térmico de doble flujo 50 alimentado por aire nuevo mediante la columna externa 81, de insuflación de aire, a través de una entrada 1A, o conexión de entrada externa. La entrada 1A está conectada a una boca de salida 3, de insuflación interna, del lado de la vivienda, que continúa con un conducto o tubo 39 que da a la o las estancias deseadas, realizándose la conexión anterior a través de un primer circuito 51 del intercambiador 50. De forma inversamente simétrica, un tubo 49 de extracción de aire viciado de una o varias estancias termina en una boca de entrada interna 4 de la caja 60, de extracción interna, la cual, a través de un segundo circuito 52



térmicamente acoplado al primer circuito 51, da a una salida 2D, es decir, una conexión de salida externa, conectada a la columna externa 91 de aspiración de aire viciado. De forma general, el número de bocas 120 del lado interno puede aumentarse según las necesidades.

5 Las referencias 11R y 41R designan un par de espacios de recepción de filtros de aire 11F, 41F, que permiten montar dichos dos filtros en los espacios de entrada 11R y 41R, es decir, para cada sentido y, en cada caso, aguas arriba del intercambiador 50.

El funcionamiento de la instalación de aspiración de aire se expondrá en primer lugar respecto a la forma general de una curva de regulación depresión P / caudal de aire Q. La depresión P sería una sobrepresión en el caso de una insuflación de aire.

10 La figura 4 ilustra la forma de dos tipos clásicos de curvas de configuración de (de)presión P respecto al caudal de aire Q que se pueden imponer al ventilador 9.

15 A título preliminar, se ha dibujado una curva C30 que representa la respuesta natural depresión P / caudal de aire Q del ventilador 9, que presenta una primera parte básicamente horizontal, precisamente para una depresión P con una pendiente que solo es ligeramente negativa, seguida de una segunda parte con una pendiente que se hace cada vez más negativa para un caudal de aire Q creciente, es decir, que el ventilador 9 está al límite de potencia. Las curvas de configuración, que tienen como finalidad evitar un funcionamiento permanente a potencia máxima, están, por tanto, situadas bajo la curva de respuesta natural C30.

20 La primera curva de configuración C10, "horizontal", es una regulación para una depresión P denominada constante, imponiendo un valor de depresión P máxima, es decir, garantizando al menos el nivel suficiente de presión diferencial a nivel de cada boca 120, y ello incluso si todas ellas están abiertas en la columna 91 considerada, por tanto, con una pérdida de carga máxima.

25 La curva C11 es una curva de variante, que indica la potencia de accionamiento del ventilador 9, que es creciente con el trabajo a proporcionar, es decir, la evacuación de una masa creciente de aire por unidad de tiempo. La potencia de accionamiento anterior corresponde, por ejemplo, a la corriente o la tensión o la potencia de alimentación del motor 8 o, incluso, a una frecuencia de rotación Fr que se le impone, es decir, un parámetro aguas arriba del mismo, o corresponde a un par motor que proporciona a la salida mediante un árbol de accionamiento del ventilador 9. Todos los parámetros anteriores son, por tanto, parámetros aguas arriba del ventilador 9.

30 La segunda curva de configuración C20 es una regulación con depresión P creciente con el caudal de aire Q. De hecho, un caudal de aire Q muy débil es el resultado de que algunas de las bocas 120 de una misma columna estén cerradas, de forma que la pérdida de carga en las columnas no supera un determinado límite. Por tanto, es inútil intentar compensar, con una depresión P elevada, una pérdida de carga que no existe por encima de ese límite, que se puede estimar. No obstante, se prevé que la curva de aumento de la depresión P será relativamente pronunciada al principio, puesto que no hay que excluir un caudal de aire Q, que se detectará como moderado, procedente de una sola columna, con una consiguiente pérdida de carga elevada. Por tanto, la curva C20 supone, respecto a la curva "horizontal" C10, una mejora en cuanto al rendimiento energético de la instalación, que está, no obstante, limitada a la zona de funcionamiento de casi reposo y que, además, no es totalmente óptima.

40 La figura 5 representa un primer ejemplo de regulación, con depresión P denominada constante, en el cual la depresión P se mantiene en un valor de configuración Pcs para un intervalo de caudales de aire comprendidos entre un caudal de aire mínimo Qmin y un caudal de aire máximo Qmax, que define un punto B de límite superior del intervalo anterior. A título indicativo, el punto indicado con la referencia A, para un caudal de aire Qmin, representa la necesidad real mínima de depresión Pmin, es decir, que la curva de configuración se sitúa muy por encima de la necesidad real habitual para caudales débiles de aire Q.

45 Si los filtros 130 experimentan progresivamente una saturación, la pérdida de carga aumenta igualmente a nivel de la caja de cada vivienda 60. Si la instalación funciona con un caudal débil de aire Q, este suplemento de pérdida de carga no se percibe, puesto que existe un gran margen de depresión. Por el contrario, para un caudal elevado de aire Q, para el cual las columnas presentan una gran pérdida de carga, el caudal de aire individual mínimo, o nominal Qn, que debe circular por los circuitos 51, 52 corre el riesgo de no poder ser garantizado.

50 En tales casos, el valor de configuración de depresión Pcs aumentará una cantidad de valor  $\Delta P$  cuya amplitud permite compensar el suplemento de pérdida de carga anterior. Quedará claro que esta amplitud aumenta con el tiempo, es decir, con la saturación progresiva de los filtros 130, y que solo la limpieza o sustitución de al menos algunos de los mismos hace posible un retorno hacia, y eventualmente hasta, el valor de configuración inicial. Como se muestra en la figura 5, la elevación de la curva de configuración lleva a la misma a alcanzar la curva natural C30, es decir, que el punto B, de límite superior, entra en contacto en primer lugar (punto B1 de extremo máximo de una curva de configuración C10A que sustituye a la curva C10) con la curva natural C30. Si la elevación de la curva de configuración debe continuar (curva C10B), se aprecia que un segmento del extremo superior D-B2 de la curva de configuración está situado por encima de la curva natural C30, aumentando el segmento del extremo superior D-B2 progresivamente con

esta elevación, puesto que el punto de corte D se desplaza hacia valores menores de caudal de aire Q. Por tanto, el segmento del extremo superior D-B2 representa un segmento funcionalmente inexistente y que, por tanto, se ha vuelto inutilizable puesto que supera la capacidad de respuesta del ventilador 9. Por tanto, hay peligro de que la instalación no garantice el servicio deseado para caudales elevados de aire global Q, es decir, que el caudal de aire individual en las cajas 60 más desfavorecidas, en el extremo inferior de la columna 91, será inferior al valor nominal  $Q_n$  que hay que garantizar.

Por tanto, hay que determinar el valor  $\Delta P$  de aumento de presión, o, en este caso, de depresión, que hay que aplicar en un instante dado tras un determinado tiempo de funcionamiento de la instalación. Son posibles varias soluciones. Estas soluciones se exponen aquí en referencia a la instalación de aire viciado. Se comprenderá que la exposición correspondiente se puede transponer a la instalación de insuflación de aire nuevo a través de los filtros 11F de entrada externa. Esto es igualmente aplicable a los filtros de aire comunes situados en la entrada de los cajones 82, 92.

El valor  $\Delta P$  se puede añadir a cualquier curva de configuración como, por ejemplo, la curva de configuración C10 de (de)presión P constante o a la curva de configuración C20 de (de)presión creciente con el caudal de aire Q.

Según una primera solución, se puede prever la realización de una corrección sobre una base temporal. Con este fin, en una instalación de prueba del mismo tipo, se elaboran inicialmente estudios de saturación de los filtros 130 durante un periodo determinado, por ejemplo, varios meses, teniendo en cuenta, preferiblemente, las condiciones de uso, o parámetros del entorno, como, por ejemplo, el caudal de renovación de aire o incluso una tasa media de contaminación del aire viciado de partículas que se quedarán atrapadas en el filtro 41F de la entrada interna 4 por unidad de tiempo, correspondiente a una tasa por hora, diaria o mensual de saturación del filtro 41F. Así se elabora inicialmente una tabla de predicción de tasa temporal de saturación, es decir, su aumento en función del tiempo t, que se usa en la presente instalación para definir un valor de pérdida de carga  $\Delta P_m$  en función del caudal de aire  $Q_m$  en el filtro 41F considerado. El valor  $\Delta P$  se calcula mediante la fórmula:

$$\Delta P = \Delta P_m \times (Q_{BL} / Q_m)^2$$

La referencia  $Q_{BL}$  designa el mayor caudal de aire de entre el conjunto de caudales de aire máximos de las bocas 120 de los alojamientos respectivos.

La pérdida de carga medida se corrige, es decir, se normaliza, para que corresponda a un caudal de aire individual máximo, puesto que, tras la medición, este caudal de aire individual máximo debe poder ser garantizado en cualquier momento posterior.

Por tanto, la nueva presión de configuración  $P_{cs}$  vale:

$$P_B + \Delta P$$

es decir, el valor de depresión inicial  $P_B$  del punto B, aumentado un valor  $\Delta P$ .

De forma general, el valor  $\Delta P$  así calculado puede constituir un desplazamiento constante, de elevación, de la curva C10 de (de)presión constante o de la curva de presión creciente C20. No obstante, como se indica en la nueva curva de configuración C20A, que diverge respecto a la curva de configuración anterior C20, se puede prever que la corrección  $\Delta P$  sea creciente con el caudal de aire Q, es decir, que tenga una amplitud pequeña cuando el caudal de aire Q es débil. Así, de forma general, si partimos de una ley de regulación  $P = f(Q)$ , se puede transformar la misma en una ley  $P_1 = f(Q) + \Delta P(Q)$  o bien en una ley  $P_1 = f'(Q)$ , en la cual la función  $f'(Q)$  presenta una "sensibilidad" mayor, es decir, para cualquier valor de caudal de aire Q, un valor mayor de (de)presión P.

Los parámetros del entorno se tienen en cuenta para modular el valor de tasa de saturación, es decir, que si se estima que la vivienda considerada en la presente instalación presenta una tasa temporal de saturación que sólo representa una fracción 1/N de la tasa "estándar" de la tabla, el tiempo t que se tendrá en cuenta para leer la tabla se dividirá por esta fracción, es decir, que se transforma en  $t \times N$ . Resumiendo, durante la lectura se considera que el transcurso del tiempo de la tabla se ralentiza cuando la tasa temporal de saturación de una vivienda concreta es inferior a la tasa estándar.

Según una segunda solución, se realiza una medición directa equipando los filtros 41F con sensores de presión cuya medida permite determinar un valor de presión diferencial en el filtro para un caudal de aire conocido. Precisamente, si el filtro 41F se satura progresivamente, el caudal de aire individual que lo atraviesa disminuirá, con una presión diferencial determinada.

Si la columna correspondiente 91 presenta un caudal de aire global que es elevado, y por tanto una gran pérdida de carga, el caudal de aire global de la columna 91 solo disminuirá "levemente" debido a la saturación del filtro 41F, puesto que la pérdida de carga local en la caja 60 considerada, y el aumento de la misma, solo representa una pequeña fracción de la pérdida de carga total en la columna 91. Si, por el contrario, el caudal de aire global de la columna 91 es débil, el aumento de pérdida de carga en la caja 60 se traduce en una disminución más marcada del

caudal de aire en la columna considerada 91 y, por tanto, también en la caja 60. Si, por ejemplo, la caja 60 corresponde a un caudal de aire constante y a una variación de depresión que permanece constante durante, por ejemplo, 1 hora, se puede determinar una media variable de la evolución de las condiciones de funcionamiento durante varias semanas para traducir esta evolución en una orden de desviación de aumento del valor absoluto de la (de)presión P del ventilador 9.

La medida del caudal de aire individual a nivel de un filtro 41F se puede realizar mediante un sensor de caudal de aire asociado al mismo. No obstante, también se puede prever el “cierre” temporal de todas las cajas 60 excepto aquellas que se van a probar, para que así la medida del caudal de aire global Q, a nivel del cajón de extracción 92, proporcione una medida del caudal de aire individual del filtro 41F considerado. El nivel de fugas de la instalación se habrá medido previamente en todo el intervalo de evolución de la presión de configuración Pcs para corregir correspondientemente la medida de caudal de aire global Q, para obtener el valor exacto del caudal de aire individual del filtro 41F, el cual, asociado a la presión diferencial del mismos, permite calcular una tasa de saturación.

Una tercera solución consiste en realizar una medición indirecta de la tasa de saturación del conjunto de filtros 41F. El principio es determinar si la instalación es siempre apta para presentar la dinámica de caudales de aire Q prevista entre el caudal de aire mínimo Qmin y el caudal de aire máximo Qmax, y ello respectivamente para la depresión Pmin y la depresión Pcs. Así, por la noche, las bocas de aire 120 generalmente están en el estado denominado cerrado, que sólo deja pasar un caudal de aire Q mínimo, de forma que la instalación se encuentra funcionando en un punto perfectamente conocido, en ausencia de saturación, que es el punto A. Si, no obstante, los filtros 41F comienzan a presentar saturación, la depresión mínima Pmin es, por tanto, insuficiente para garantizar el caudal de aire mínimo Qmin. Una desconexión temporal que hace pasar de la curva de configuración, normalmente a presión constante PB, al valor de depresión Pmin permite así medir un caudal de aire Q1min (punto AQ de una curva de respuesta real Cx) inferior al valor Qmin medido durante la puesta en funcionamiento, debido a la pérdida de carga debida a la saturación. La desviación negativa Q1min – Qmin de la variable cuyo valor hay que garantizar, es decir, el caudal de aire Q, aumenta así en valor absoluto con el tiempo t, con el crecimiento de la tasa de saturación. Evidentemente, si la tasa de saturación disminuye, debido a la limpieza o sustitución de filtros 41F, el sentido de la desviación anterior es el contrario, es decir, el valor absoluto del nivel de saturación disminuye.

Como variante, en vez de fijar la presión en Pmin para medir después la desviación de Qmin, se puede prever una aproximación dual, es decir, controlar el cajón 92 según una curva de respuesta con un caudal de aire Q objetivo, por ejemplo, por la noche, de valor Qmin o un valor cercano que corresponda al valor cualquiera medido Qm. Por tanto se trata, temporalmente, de una regulación con caudal de aire Q constante, correspondiente a la necesidad instantánea real. Esta regulación, con el valor objetivo del caudal de aire Qm necesario, requiere, por tanto, un control de la depresión P, controlando su evolución para que el caudal de aire Qm quede garantizado.

En tales casos, el sistema de control debe ordenar un ajuste con una depresión P1min de amplitud superior a Pmin, para compensar el suplemento de pérdida de carga debido a la saturación. Se trata, por tanto, de una desviación positiva P1min - Pmin de la amplitud de la variable de control que constituye la depresión P. En ausencia de corrección, el valor absoluto de depresión P tiende, por tanto, a disminuir, en este ejemplo con un funcionamiento de aspiración. Excepto por la corrección de aumento de la amplitud de la depresión P, se mantiene además, un margen de seguridad.

De forma general, se puede jugar simultáneamente con las dos variables depresión P y caudal de aire Q para determinar un punto de funcionamiento para medir su distancia a una curva inicial depresión P / caudal de aire Q, es decir, elaborada cuando los filtros 41F están limpios. La distancia así medida corresponde a una determinada desviación de depresión P y una determinada desviación de caudal de aire Q, presentando cada una de estas desviaciones una determinada “sensibilidad” respecto a la otra, puesto que la desviación negativa Q1min – Qmin y la desviación de amplitud positiva P1min – Pmin representan, cada una, el mismo fenómeno de saturación, y ello en torno al mismo punto de funcionamiento A. Habiendo determinado así la pendiente, o coeficiente de correspondencia, entre estas dos variables P y Q, se puede, por tanto, transformar dicha medida de distancia, efectuada por medio de estas dos variables P, Q, en un valor de desviación equivalente de una cualquiera de estas dos variables P, Q.

Puesto que la tasa de saturación es aquí creciente, aumenta, por tanto, el nivel de la presión de configuración cualquiera Pcs un valor de corrección

$$\Delta P = (P1min - Pmin) \times (Q_{BL} / Qmin)^2$$

P1min es, por tanto, el valor actualizado de Pmin.

Una corrección de este tipo se puede realizar cíclicamente, desde el valor inicial PB, por adición de valores de recalibración ΔP, como se indica en la figura 5. En la fórmula anterior, de primer desplazamiento de depresión ΔP, conviene, a continuación, para las recalibraciones siguientes, desplazar la referencia de depresión, es decir, que Pmin se sustituye por su valor actualizado P1min y P1min se sustituye por un valor de depresión P2 min, que representa la actualización de P1min.

La corrección  $\Delta P$  de la depresión de configuración, además, se puede comparar con un valor umbral máximo de corrección para generar una alarma si se supera el umbral, lo que significa que el ventilador 9 se usa al límite de sus posibilidades para el caudal de aire máximo  $Q_{max}$  y, por tanto, este caudal de aire máximo  $Q_{max}$  no se podrá ya garantizar en el futuro. Por tanto, hace falta intervenir para cambiar los filtros 41F, o al menos alguno de ellos.

5 De forma en cierto modo simétrica, se puede monitorizar el funcionamiento para un caudal grande de aire  $Q$ , es decir, cerca del punto B, cuya medida del nivel de depresión  $P$  es menos sensible al "ruido", debido a la aleatoriedad de uso de las bocas 120, lo cual no sucede en el punto A, cuya posición supone que todas las bocas 120 están en posición de cierre. Una situación de este tipo con caudal grande de aire  $Q$  se presenta, por ejemplo, a las horas de las comidas, puesto que los ocupantes requieren la apertura máxima de las bocas de las cocinas. Se elabora un historial de la posición del punto de funcionamiento, es decir, el caudal de aire  $Q$  y la depresión  $P$  correspondiente, suponiendo que permanece fija en el valor de configuración  $P_{cs}$ .

10 Así, la figura 7 representa, de forma muy esquemática, el caudal de aire  $Q$  instantáneo en función del tiempo  $t$ , con una representación de la evolución del caudal de aire  $Q$  diario respecto a dos días separados uno o más meses.

15 Se ha visto anteriormente que la dinámica de uso de la instalación tiene tendencia a aumentar del lado de caudales débiles de aire  $Q$ , es decir, que el intervalo necesario de caudales de aire  $Q_{min}$  a  $Q_{max}$  tiende a desviarse hacia valores inferiores, puesto que la pérdida de carga aumenta con la saturación.

El primer día, de puesta en marcha de la instalación, presenta picos  $Q_{ct}$  de caudal de aire  $Q$ , con un primer pico  $Q_{ctM1}$  al mediodía y un segundo pico  $Q_{ctS1}$ , aquí considerado de menor amplitud, a última hora de la tarde, con una caída hasta el nivel mínimo  $Q_{min}$  por la noche.

20 El mismo tipo de gráfico para el día posterior presenta globalmente la misma forma pero con amplitudes de caudal de aire  $Q$  que son menores para los picos de mediodía  $Q_{ctM2}$  y de última hora de la tarde  $Q_{ctS2}$ . Cada uno de estos gráficos puede ser una media determinada durante varios días sucesivos.

25 También se pueden observar así los picos  $Q_{ct}$  de caudal de aire  $Q$  con el paso de los días para buscar así una curva  $C_{dc}$  de disminución de caudal de aire de los picos  $Q_{ct}$  cuya pendiente negativa es el resultado de que los filtros 41F se saturen, es decir, que la dinámica se restringe progresivamente del lado de los caudales grandes de aire  $Q$ . De forma más general, para evitar el hecho de que el valor máximo  $Q_{ctM2}$  es susceptible de variar de un día a otro debido a las diferencias en las horas de comida de las personas, se puede comparar el gráfico global del día posterior con el gráfico del primer día para así usar toda la información correspondiente, a lo largo del día, es decir, integrar esta información y así evitar mejor el "ruido" del valor instantáneo del caudal de aire  $Q$  debido a la incertidumbre anterior. Así se determina la cantidad de caudal de aire  $Q$  que hace falta hacer descender el gráfico del primer día para hacerlo coincidir con el gráfico del día posterior. Esta coincidencia "en altura" puede, por ejemplo, consistir en determinar el mínimo de una suma de diferencias de caudal de aire  $Q$  de una sucesión de puntos homólogos (misma hora), es decir, que se superponen las dos curvas diarias durante un mismo periodo de una jornada. La curva de disminución  $C_{dc}$  puede, por tanto, pasar por un par de puntos homólogos cualesquiera, es decir, encontrarse a una altura cualquiera, puesto que lo importante es su pendiente, determinando esta pendiente el sentido de la desviación de la saturación, y la integral de esta pendiente, es decir, el desplazamiento en altura de los dos gráficos diarios, es representativa de la tasa de saturación.

35 Para que las mediciones sean menos sensibles a la incertidumbre de simultaneidad de apertura de todas las bocas 120, que proporciona los valores pico de caudal de aire, es preferible realizar una integración, del valor de caudal de aire medido, durante varias decenas de minutos, por ejemplo, una o dos horas, durante los periodos de las comidas. Por tanto, es toda la zona de la cumbre de la curva de caudal de aire la que proporciona la información deseada, de caudal de aire pico medio, que se trata estadísticamente a continuación para determinar si las cumbres posteriores se desvían de forma apreciable del valor medio de referencia.

De esta forma, en el bloque de cálculo 11C

45 - se almacena un valor medio de uno de dichos parámetros durante un intervalo de tiempo predeterminado y con una duración que represente varios ciclos de uso de la instalación, y

- igualmente, se determina, durante uno de dichos ciclos, posterior, dicho valor medio cualquiera del parámetro  $P$  o  $Q$ ,

- y se lleva a cabo una etapa c), detallada posteriormente, de determinación de desviación de saturación, según dichos valores medios, respectivamente almacenado y cualquiera.

50 En caso de una regulación con (de)presión  $P$  creciente en función del caudal de aire  $Q$ , la curva de configuración horizontal, con presión  $P_{cs}$ , se sustituye por dicha curva de configuración  $C_{20}$  con crecimiento monótono según la figura 6, partiendo de dicho punto mínimo A para terminar en el punto máximo B. La curva de configuración  $C_{20}$  presenta una forma, muy aproximadamente, de parábola de eje horizontal, según el eje de caudales de aire  $Q$ , con una pendiente máxima de crecimiento para los caudales débiles de aire  $Q$ , siendo esta pendiente progresivamente decreciente para caudales grandes de aire  $Q$ . Esta curva es una curva que engloba de las necesidades posibles de

caudal de aire Q, es decir, que la depresión P se considera suficiente para garantizar, en la mayoría de las configuraciones posibles de distribución de la bocas 120 abiertas, al menos el caudal de aire nominal Qn necesario en las cajas 60, incluso en las más desfavorecidas, es decir, las situadas en la parte inferior de las columnas 91. De esta forma, para caudales débiles de aire Q, es decir, un número pequeño de bocas 120 abiertas, para el cual no se aplica la ley de números grandes, se elige un margen de seguridad mayor respecto a un caso "medio", para garantizar el caudal de aire individual necesario Qn incluso si prácticamente todas las bocas 120 están "alejadas" del cajón 92, es decir, desfavorecidas. Esto explica porqué la curva C20 presenta una gran pendiente inicial.

La determinación del sentido del desplazamiento y de la tasa de saturación de los filtros 41F se realiza como se ha expuesto anteriormente. Para la corrección de la depresión P, neutralizando el efecto de la saturación, la única diferencia es aquí que es preferible que el suplemento de depresión  $\Delta P$  sea de valor creciente con el caudal de aire Q, es decir, que la nueva curva de configuración C20A, situada por encima de la curva de configuración de origen C20, diverge respecto a esta última. De hecho, un caudal de aire Q elevado significa que un gran número de bocas 120 están abiertas y, por tanto, hace falta vencer la saturación de un gran número de filtros 41F. El suplemento de depresión  $\Delta P$  puede, por ejemplo, variar de forma cuadrática en función del caudal de aire Q.

En el caso de la regulación con (de)presión P creciente en función del caudal de aire Q, según la figura 6, el caudal de aire Q de la figura 7 puede ser sustituido por un gráfico de la (de)presión, puesto que los puntos extremos A y B de la curva C20 se desvían también en (de)presión P ( $P_{min}$  y  $P_{max}$ ). En caso de una regulación con caudal de aire Q "constante" por periodos, y regulado por saltos cada vez hacia un valor conveniente, se genera una alarma cuando la necesidad de depresión supera las posibilidades del ventilador 9.

Habiendo expuesto diversas formas de implementación del procedimiento de la invención, el procedimiento de la invención se expondrá ahora de forma genérica.

Se trata de un procedimiento de estimación de la evolución del nivel de saturación de filtros de aire 11F, 41F, 130 instalados en diferentes locales y conectados a una instalación formada por al menos un conducto, o columna, de intercambio de aire 81, 91, de intercambio de aire, activado por el ventilador 9 accionado por el motor, caracterizado por la serie de etapas siguientes:

a) en un instante inicial  $T_0$ , los circuitos de control 13 determinan y almacenan un conjunto inicial  $J_0$  de valores de parámetros asociados de funcionamiento de la instalación Y, parámetros Y que comprenden un parámetro de caudal de aire instantáneo Q garantizado por el ventilador 9 y al menos un parámetro instantáneo asociado ((de)presión, potencia eléctrica W, par de salida, frecuencia de rotación Fr, intensidad I de la corriente consumida por el motor) de funcionamiento del ventilador 9 para garantizar el caudal de aire instantáneo considerado Q, variando los parámetros asociados (P, W, par, Fr, I) de forma correlacionada para definir dicha curva de respuesta, inicial, C10, C20 prevista para la instalación,

b) en un instante cualquiera  $T_x$ , los circuitos de control 13 determinan los valores cualesquiera  $V_x$  de dichos parámetros Y para un punto de funcionamiento cualquiera  $F_x$  (del tipo del punto AQ) sobre dicha curva de respuesta, real,  $C_x$ ,

c) el bloque de cálculo 11C, que ha recibido la información deseada procedente de los circuitos de control 13, comprara los valores cualesquiera  $V_x$  con el conjunto inicial  $J_0$  para determinar una dirección de desviación del punto de funcionamiento cualquiera  $F_x$  respecto a la curva de respuesta inicial C10, C20, y

d) el bloque de cálculo 11C determina un sentido de evolución del nivel de saturación según la dirección de la desviación.

Como se ha indicado anteriormente, los parámetros de funcionamiento de la instalación comprenden, por una parte, el caudal instantáneo Q del aire recogido por el ventilador 9, es decir, un parámetro "de salida", o aguas abajo, del ventilador 9 correspondiente al servicio proporcionado, y, por otra parte, parámetros, "aguas arriba", de control de funcionamiento del ventilador 9, es decir, parámetros relacionados con la potencia de accionamiento aplicada al ventilador 9 para que proporcione el valor deseado de su parámetro aguas abajo, es decir, el valor de depresión P deseada de la curva de configuración de control.

El conjunto inicial  $J_0$  de valores de parámetros asociados solo puede definir un punto de la curva de configuración C10, C20 en la cual se encuentra, pero será preferible que la comparación de la etapa c) se realice en un instante en el cual uno de los valores cualesquiera posteriores  $V_x$  sea un valor básicamente igual al valor inicial del parámetro considerado.

Para ello, los instantes inicial y cualquiera se eligen, preferiblemente, durante un periodo de la jornada durante el cual la necesidad de caudal sea estable. En concreto, los instantes inicial y cualquiera se pueden elegir durante la noche, puesto que en ese momento la necesidad de caudal para la instalación es básicamente constante de un día a otro. Por ejemplo, al elegir los instantes inicial y cualquiera durante la noche, la necesidad de caudal en esos momentos puede ser igual al caudal mínimo de la instalación, puesto que ningún ocupante necesita caudal de ventilación.

Si la forma de la curva de configuración es conocida, se puede, sin embargo, mediante extrapolación desde el punto definido por el conjunto inicial J0, determinar la posición de un segmento de la curva de configuración tal como la que sigue inicialmente, es decir, una curva de respuesta idéntica a la curva de configuración. No obstante, la curva de respuesta va a desviarse a medida que se saturan los filtros.

5 Por tanto, hace falta indicar que, para los parámetros aguas arriba del ventilador 9, que determinan su potencia de accionamiento, hay que considerar la noción de curva de respuesta en un sentido opuesto al sentido clásico, es decir, que, siendo la curva de configuración depresión P / caudal de aire Q totalmente respetada, se trata de determinar la desviación que introduce, intrínseca y voluntariamente, el sistema control para poder mantener el nivel cualquiera de depresión P deseado mediante la curva de configuración.

10 Para el parámetro aguas abajo, es decir, la depresión P, se indica su desviación permitiendo igualmente seguir la curva de configuración, en el caso de una regulación con depresión variable, aquí creciente.

Para precisar la información de saturación, para decidir si es necesario cambiar los filtros, se mide, en la etapa c), la desviación para, en la etapa d), estimar un nivel de desviación, es decir, una tasa de saturación, según una ley creciente con la desviación medida.

15 La ley anterior depende del parámetro elegido y de las características del motor 8 y del ventilador 9. Por ejemplo, si se considera la corriente o la tensión de alimentación del motor 8 o, incluso, la frecuencia de rotación Fr que se le impone, este parámetro anterior sigue una determinada ley de crecimiento con la potencia instantánea necesaria para proporcionar el par motor deseado para producir la depresión de valor instantáneo conforme a la curva de configuración C10, C20. Por tanto, son las características técnicas del motor 8 y las del ventilador 9 las que determinan la ley de correspondencia entre el parámetro considerado y el valor de depresión P que le corresponde.

20 Si es el par motor el que sirve de parámetro de funcionamiento, se puede medir directamente y seguirá una determinada ley de variación respecto a la depresión que proporciona el ventilador 9. Por tanto, son únicamente las características técnicas del ventilador 9 las que determinan esta ley de correspondencia.

25 La curva de la ley de variación se elabora inicialmente mediante ensayos e introducción de los datos para usarlos como se ha indicado, para transformar el valor de potencia del motor 8, u otro parámetro equivalente, o el valor del par motor, en un valor de depresión P. Dicho de otra forma, se toma de un punto de la curva C11 (potencia de accionamiento) y se traslada al sistema de coordenadas depresión P / caudal de aire Q para poder determinar su distancia a la curva de configuración asociada C10, C20, es decir, medir la desviación de la orden del ventilador 9.

30 No obstante, se observará que la transformación dual es posible, es decir, que la información de control contenida en la curva de configuración C10, C20 en coordenadas depresión P / caudal de aire Q también puede estar contenida en una curva homóloga "imagen" (C11) que sirve específicamente para la medición de la desviación anterior.

Las figuras 8 y 9 ilustran una modelización de la instalación de extracción de aire viciado, lo que permite adquirir información sobre el estado de la columna 91 a nivel de cada una de las viviendas, siendo el problema localizar los filtros 41F sucios, o al menos determinar el ensuciamiento global de los filtros 41F de la columna 91.

35 Según la figura 8, la columna 91 puede ser modelizada por un tronco de resistencias eléctricas en serie, resistencia R1, punto AA (conexión de una planta superior), resistencia R2, punto AB (conexión de una planta intermedia), resistencia R3, punto AC inferior (conexión de una planta inferior), representando cada resistencia R1, R2, R3 la pérdida de carga entre dos plantas, partiendo del techo del tejado donde se encuentra el cajón 92. Además, cada boca 120 asociada a un filtro 41F de intercambio de planta equivale a una resistencia Ra, Rb, Rc en ramas derivadas al punto respectivo AA o AB o AC, cuyo extremo libre, del lado de la vivienda, se conecta a tierra (atmósfera). Esta resistencia de planta Ra, Rb, Rc es variable (estado abierto o cerrado de la boca 120). El ventilador de aspiración 9 de la parte superior de la columna 91 está representado por una tensión de alimentación de polarización negativa, cuyo borne superior está conectado a tierra (atmósfera) como los extremos libres de las bocas o ramas "Ra", "Rb", "Rc". Las referencias entre comillas designan el elemento cuyo valor está representado por la referencia entre estas comillas, es decir, una boca asociada a un filtro.

45 Si varias columnas 11, 12 o 91 están en paralelo, eventualmente se puede realizar una medición de (de)presión P justo aguas abajo de cada una.

Por tanto, ahora hay que separar las variables, es decir, determinar, en la pérdida de carga observada, cual es la parte de la columna 91 y la parte de las ramas "Ra", "Rb", "Rc".

50 Con este fin, si se inyectan estímulos (flujo de aire) en un lugar conocido de la columna, perturbarán directamente la parte aguas abajo (parte superior de la columna 91), debido al aumento del caudal de aire Q, y también la parte aguas arriba (parte inferior de la columna 91), debido a la mayor pérdida de carga aguas abajo.

Un primer tipo de estímulo puede ser la apertura de una boca "Rs", pudiendo ser de tipo calibrado, con pérdida de carga Rs, en la parte inferior de la columna 91, es decir, su extremo denominado libre. El flujo de aire

correspondiente perturbará, por tanto, directamente toda la columna "R1", "R2", "R3", e, indirectamente, todas las bocas "Ra", "Rb", "Rc", como se ha expuesto anteriormente.

5 En concreto, se puede abrir así, por ejemplo, por control remoto, una gran boca de entrada de aire de estímulo Rs, que hará que se "desconecten" algunas de las bocas "Ra", "Rb", "Rc", es decir, disminuir al menos 60 Pascal la depresión al menos en la parte inferior de la columna 91. La desconexión anterior significa que la boca 120 considerada, que consta de una lengüeta de limitación que limita el caudal de aire individual, al estrangular el paso de aire considerado, por encima de un umbral nominal inferior de caudal de aire Qn, ya no funciona con caudal de aire prácticamente constante cualquiera que sea la (de)presión P, sino que funciona con un caudal de aire individual que varía en el mismo sentido que la amplitud de la depresión. Los segmentos de curva de respuesta para estos dos modos de funcionamiento respectivos se unen, por tanto, mediante una zona de codo, como se muestra en la figura 10, que se explica posteriormente.

10 El estímulo anterior permite detectar si la boca 120 considerada funciona en uno u otro de estos dos segmentos. De hecho, si la amplitud de la depresión P inicialmente solo es un poco pequeña, es decir con un estímulo pequeño, todas las bocas 120 permanecen con un funcionamiento correcto, es decir, que el caudal de aire Q en la columna 91 permanece prácticamente sin cambios, excepto la reducción por fugas, que es fácil determinar inicialmente para el intervalo funcional de depresión P. Por el contrario, si la amplitud de la depresión P es suficientemente pequeña como para que al menos una boca 120 se desconecte, es decir, no disponga de una presión diferencial suficiente, habiendo tenido en cuenta la saturación, para garantizar el caudal de aire nominal Qn que provoca la limitación, el caudal de aire Q en la columna 91 disminuirá de forma acelerada puesto que ya no funciona con caudal de aire Q constante. La desconexión anterior puede, por tanto, estar relacionada con una saturación del filtro 41F asociado, es decir, que la presión diferencial instantánea quizás es superior al valor nominal de umbral inferior PDs deseado para un filtro 41F nuevo, pero este valor de presión diferencial PDs es ahora insuficiente para garantizar el caudal de aire nominal individual deseado Qn, de accionamiento de la lengüeta de limitación, a través del filtro 41F, que presenta un cierto nivel de saturación.

15 Si el bloque de cálculo 11C conoce las respuestas de los diversos tipos de bocas 120 en un caso similar y, por tanto, en particular la posición del codo, puede, según la variación observada del caudal de aire Q en la columna 91 y la depresión P, determinar el número de bocas 120 abiertas y sus posiciones, puesto que la huella de respuesta, con la desconexión, de cada boca 130 es percibida mediante una pérdida de carga instantánea que es característica de cada una.

20 Dicho de otra forma, el bloque de cálculo 11C determina, a nivel de salida (cajón 92) de la columna 91, la curva de respuesta compuesta de las diversas bocas 120, y esta curva de respuesta es una huella del estado abierto o cerrado de las bocas 120 y de su tipo. Esta curva de respuesta compuesta presenta así una sucesión de codos correspondiendo cada uno a la desconexión de una boca 120. Si todos los filtros 41F presentan un mismo nivel de saturación, serán, por tanto, las bocas 120 más desfavorecidas las que se desconecten primero y las otras a continuación, de forma similar a fichas de dominó verticales y que caen en cascada, presentando así la sucesión de codos anterior.

25 Según el modelo eléctrico anterior, hay, por tanto, una columna vertebral de resistencias en serie "Ra", "Rb", "Rc", cuya parte superior está sometida a una tensión negativa por un borne inferior de una fuente de alimentación de tensión Va (= depresión fija) (tensión Va eventualmente modulada) cuyo borne superior está conectado a tierra, es decir, conectado a los extremos libres de las ramas Ra", "Rb", "Rc". La boca de inyección de estímulos "Rs" es una resistencia variable (potenciómetro) que constituye una rama entre la toma de tierra y el punto inferior AC de la columna 91.

30 En estado cerrado de esta boca inferior "Rs", el punto inferior AC de la columna 91 (punto de conexión con la boca "Rc", la más desfavorecida) está a un determinado potencial, suficientemente negativo, es decir, correspondiente al menos a una caída de 60 a 80 Pascal. El resto de la caída de tensión, para disminuir hasta la tensión de alimentación -Va, está distribuido en las resistencias R3, R2, R1, dependiendo esta distribución del estado de las diversas bocas 120.

35 La figura 9 representa, en abscisas, la tensión (que representa la amplitud de la depresión P) respecto a las diferentes plantas, en ordenadas.

40 Para simplificar la exposición, se ha supuesto que la pérdida de carga es lineal en función del caudal de aire considerado, aunque en realidad es cuadrática.

45 La curva oblicua de trazo continuo C8, de tensión en función de la planta, delimita, con el eje de ordenadas, tres vectores según las flechas horizontales FC, FB, FA, que representan, cada una, la amplitud de la tensión (o depresión P) en el punto respectivo correspondiente AC, AB, AA. Así se observa que la amplitud de la tensión, o depresión P, aumenta a medida que nos acercamos al ventilador 9, representado por la fuente de tensión -Va, siendo la boca "Rc" la más desfavorecida.

5 Si se abre (curva de trazo discontinuo C8A) totalmente una boca de servicio "Rs", que constituye una gran toma de aire, cerca de la boca "Rc" de la parte inferior de la columna considerada, se observa que la curva C8A comienza en un punto de tensión nula situado básicamente al nivel del punto inferior AC, puesto que la boca de servicio "Rs" cortocircuita la boca inferior "Rc". Dicho de otra forma, la dinámica de tensión se extiende ahora totalmente entre la fuente -Va, en la parte superior, y la planta inferior, mientras que la curva inicial C8 continúa por debajo de la planta inferior, por tanto, con una pendiente menor que la de la curva C8A.

La flecha horizontal FC, de tensión o depresión P, se convierte así en una flecha FCA de longitud prácticamente nula, y las flechas FB y FA se convierten en flechas FBA y FAA, respectivamente, que son más cortas.

10 Si la resistencia de estímulos "Rs" disminuye progresivamente de valor, hace caer progresivamente la tensión en los bornes de "Rc", puesto que está en paralelo con "Rc". Así, puede incluso cortocircuitar (trazo discontinuo) "Rc" si "Rs"=0 (apertura total de la parte inferior de la columna), de forma que las resistencias "Ra" y "Rb" se encuentran conectadas a una escala de resistencias R1 a R3 cuyo gradiente de tensión es mayor, puesto que el resto anterior está constituido, por tanto, por la totalidad de la tensión de polarización -Va.

15 Por tanto, se observa que la tensión del punto AB (cercano al punto AC, es decir, al estímulo) será enormemente perturbado, es decir, llevado hacia el valor de tierra por "Rs", mientras que "Ra" se ve menos afectado. En concreto, se puede prever la "desconexión" de "Rc" y después de "Rb", si su huella de desconexión es interesante, es decir, si permite determinar que se pasa por los 60 o 80 Pascal. La boca 120 considerada hace de indicador de presión, al menos para el nivel preciso de desconexión.

20 También se puede prever que la boca de servicio "Rs" se calibre para un caudal de aire de referencia Qé, no necesariamente superior al caudal de aire nominal de las diversas bocas 120. En tales casos, el estímulo correspondiente será de amplitud limitada y la boca inferior "Rc" no será totalmente evitada, puesto que ese sería el caso para una boca "Rs" de gran tamaño y no limitada. La curva de respuesta es por tanto intermedia entre las curvas C8 y C8A. El interés de un caso de este tipo es que se conoce exactamente la amplitud del estímulo.

25 Las mediciones anteriores presentan ruido, puesto que dependen, eventualmente, de pequeñas variaciones y están además perturbadas por la actividad de las bocas 120 de las otras columnas. Por tanto, es preferible usar el principio del osciloscopio de muestreo, es decir, repetir cíclicamente una modulación de apertura / cierre de "Rs" para igualar los resultados observados.

30 Como variante, se hace que cada una de las cajas de intercambio individuales 60, sucesivamente, constituya un circuito cerrado, a nivel de las bocas internas, se salida 3 y de entrada 4, para conservar solo un circuito cerrado en la caja 60, que consta de los dos filtros 11F, 41F de la caja de intercambio 60 de la vivienda. A continuación, si se evitan estos filtros 11F, 41F mediante un circuito de derivación local, se puede, por tanto, determinar la pérdida de carga que inducían. De forma dual, se puede cortar temporalmente este circuito cerrado local, es decir, aislar la caja 60 y medir la respuesta, es decir, la modificación del estado de la columna 91. Por tanto, preferiblemente, son necesarios medios de control correspondientes, distribuidos por las plantas.

35 Habiendo así previsto la boca de servicio de referencia "Rs", con caudal de aire de referencia Qé, el bloque de cálculo 11C controla la conmutación de su estado para pasar, en un sentido cualquiera conocido, entre dos estados extremos, respectivamente de cierre y de apertura, para generar, en el instante cualquiera Tx, un desplazamiento  $\Delta Qx$  con un valor cualquiera de dicho caudal de aire Qx del ventilador 9, respecto a un valor homólogo Q0 del conjunto inicial J0,

40 - y se llevan a cabo las etapas b) y siguientes.

Esta conmutación de estado se realiza, preferiblemente, durante la noche, es decir, cuando la frecuencia o probabilidad de conmutación de las bocas 120 es pequeña, lo que disminuye el riesgo de ruido de medición.

45 El bloque de cálculo 11C realiza, preferiblemente, una conmutación progresiva de caudal de aire mediante una conmutación progresiva del estado de la boca de referencia de servicio "Rs" entre los estados extremos, de apertura y de cierre, y realiza, en una pluralidad N de instantes cualesquiera Tx, Ty, Tz, una pluralidad N de muestreos de la respuesta de la instalación en términos de dichos valores cualesquiera Vx, Vy, Vz de dichos parámetros Y según la etapa b) y, según la pluralidad de dichos niveles de desviación así obtenidos, se elabora una curva de sensibilidad de respuesta de la instalación respecto a dicha conmutación de caudal de aire.

En concreto:

50 - el bloque de cálculo 11C modeliza el estado de otra pluralidad BO de filtros 41F de la columna 91, según una ecuación que incluye, en variables, los niveles respectivos de saturación de la otra pluralidad BO de filtros 41F,

- el bloque de cálculo 11C realiza dicha pluralidad N de muestreos al menos igual a la otra pluralidad BO de filtros 41F, y



- el bloque de cálculo 11C establece así al menos dicha otra pluralidad BO de dichas ecuaciones, lo que permite determinar a partir de las mismas dicha otra pluralidad BO de valores de variables de saturación.

La modulación del caudal de aire Q así obtenida por control de la boca de servicio "Rs" se puede realizar con un funcionamiento con (de)presión P constante, lo que evita la interferencia entre variables. No obstante, se puede prever un funcionamiento según una curva de regulación predeterminada con (de)presión de amplitud creciente con el caudal de aire Q, puesto que, conociendo esta curva, se podrán separar las dos variaciones de las dos variables P y Q.

De forma dual, el estímulo puede ser una variación de la depresión P, es decir, una modulación de la tensión de polarización -Va.

En tal caso,

- el bloque de cálculo 11C hace variar, mediante el control de los circuitos de control 13, un nivel cualquiera de presión P en la instalación durante un intervalo que supere un valor de umbral mínimo (PDs) para el buen funcionamiento de las bocas 120, asociadas a los respectivos filtros 41F, con limitación del caudal de aire por encima de un caudal de aire individual nominal Qn en caso de presión diferencial que supere una presión diferencial predeterminada correspondiente a dicho umbral mínimo PDs y que garantice al menos el caudal de aire nominal individual Qn,

- los circuitos de control 13 realizan un muestreo, con el tiempo, del valor del caudal de aire Q para medir una variación del caudal de aire así inducida, para que el bloque de cálculo 11C elabore una curva de respuesta real de caudal de aire Q, y

- el bloque de cálculo 11C localiza, sobre la curva de respuesta real de caudal de aire Q, al menos un cambio de pendiente correspondiente a una transición entre un funcionamiento incorrecto de una de las bocas 120, con caudal de aire inferior al caudal de aire nominal individual Qn, y un buen funcionamiento, con caudal de aire individual que supera el caudal de aire nominal individual Qn, y que provoca así la limitación del caudal de aire, lo que proporciona una medida de la presión diferencial de la boca 120 considerada para las condiciones de funcionamiento de la instalación, definidas por los parámetros.

La figura 10 muestra así una curva C40 de depresión P / caudal de aire Q de la instalación en la cual, suponiendo fijado el estado de apertura de las diferentes bocas 120, se hace variar el valor de la depresión P partiendo, por ejemplo, del valor máximo P<sub>B</sub>. La curva C40 presenta un primer segmento, del extremo superior, C41 para el cual la pendiente  $\Delta P/\Delta Q$  es máxima, puesto que todas las bocas 120 funcionan con limitación, es decir, que su caudal de aire individual es prácticamente insensible al valor de la presión diferencial de la boca 120 considerada.

Al continuar disminuyendo la amplitud de la depresión P, la boca 120 más desfavorecida se "desconecta", es decir, que el valor de su propio caudal de aire individual se hace sensible al valor (insuficiente) de presión diferencial. La curva compuesta de caudal de aire Q de la columna 91 presenta, por tanto, en un segundo segmento siguiente C42, una pendiente menor que la del primer segmento C41, siendo esta reducción de pendiente el resultado de la influencia, en el flujo de aire global Q de la columna 91, del flujo individual de la boca 120 que se ha desconectado.

Al continuar la disminución de la amplitud de la depresión P, aparece así un tercer segmento C43 y, a continuación, un cuarto segmento C44, que son el resultado de las desconexiones sucesivas de una segunda y de una tercera boca 120, bocas entre las más desfavorecidas, es decir, situadas en la parte inferior de la columna 91 y/o de filtro 41F que presenta un nivel de saturación elevado. Cada punto de unión entre dos segmentos sucesivos representa así un codo de cambio de pendiente, indicando el punto preciso en el cual la boca 120 considerada funciona exactamente con su caudal de aire individual nominal Qn de codo, correspondiente a una presión diferencial mayor respecto a la de valor nominal PDs, debido a la saturación. Si se realiza la representación de la curva C40 durante la puesta en servicio, o de varias de tales curvas C40 para diversas configuraciones de apertura de las diversas bocas 120, se puede, a continuación, durante el funcionamiento, comparar tal curva real con la curva de origen, o con una segunda curva de funcionamiento, y así determinar el sentido y el nivel de la saturación.

Se observará que el flujo de aire individual que atraviesa una boca 120, sensible a la presión diferencial local de la boca 120 considerada e inferior al flujo de aire nominal de limitación Qn, experimenta una pérdida de carga en función de la posición de la boca 120 considerada en la columna 91 y en función del caudal de aire de las otras bocas 120. Así, el segundo segmento C42 presenta una pendiente global que depende de la curva de respuesta del tipo de boca 130 considerada pero que también depende de la pérdida de carga provocada por el caudal de aire, constante, de las otras bocas 120.

Se puede prever un estímulo por modulación de presión P. En tal caso,

- en la etapa b), el bloque de cálculo 11C ordena, a los circuitos de control 13, aplicar un estímulo en forma de desplazamiento de presión  $\Delta P$  con un valor cualquiera de presión de aire P<sub>x</sub> garantizado por el ventilador 9, por desplazamiento del valor de un parámetro de entre varios parámetros asociados que determinan la potencia del ventilador 9, como, por ejemplo, la tensión o la potencia eléctrica de alimentación del motor 8 o su par de salida o su frecuencia de rotación Fr, respecto a un valor homólogo P0 del conjunto inicial J0, y,

- en la etapa c), a modo de dicha desviación, los circuitos de control 13 miden una variación del caudal de aire  $\Delta Q$ , inducida por dicho desplazamiento de presión  $\Delta P$ .

En tal caso,

5 - el bloque de cálculo 11C puede realizar una repetición, al menos una vez, en un instante cualquiera posterior  $T_y$ , de las etapas anteriores, calculando cada vez una pendiente cualquiera respectiva ( $\Delta Q_x/\Delta P_x$  y  $\Delta Q_y/\Delta P_y$ ) y

- en la etapa c), compara las pendientes cualesquiera respectivas  $\Delta Q_x/\Delta P_x$   $\Delta Q_y/\Delta P_y$  para determinar dicha dirección de desviación.

10 El estímulo es, por ejemplo, producido por el desplazamiento del valor de un parámetro de control de funcionamiento del ventilador 9, que constituye dicho parámetro asociado (de)presión P, potencia eléctrica W, par de salida, frecuencia de rotación Fr.

No obstante, se puede prever un estímulo por modulación de caudal de aire Q. En tal caso

:- el bloque de cálculo 11C ordena a los circuitos de control 13 la aplicación de un estímulo en forma de desplazamiento  $\Delta Q_x$  con un valor cualquiera de dicho caudal de aire  $Q_x$  del ventilador 9, respecto a un valor homólogo  $Q_0$  del conjunto inicial J0,

15 - los circuitos de control 13 detectan una variación (por ejemplo  $\Delta W$  para la potencia eléctrica W) de dicho parámetro asociado P, W, par, Fr, inducida por dicho desplazamiento de caudal de aire  $\Delta Q_x$ , y

- el bloque de cálculo 11C, que recibe esta información, determina dicho sentido de evolución del nivel de saturación según un signo de una sensibilidad, o elasticidad, del parámetro asociado, P, W, par, Fr, a dicho estímulo.

20 El desplazamiento  $\Delta Q_x$  modificará el punto de funcionamiento de las bocas 120 en, por ejemplo, un segmento de la curva de respuesta de caudal de aire regulado por una lengüeta de estrangulación, es decir, va a hacer que aumente o disminuya ligeramente, o incluso que disminuya mucho si la depresión diferencial que percibe la boca 120 cae por debajo del umbral de presión diferencial nominal del umbral PDs.

Dicha medida de desviación corresponde a una medida de una amplitud de dicha sensibilidad, representada por una amplitud de dicha variación inducida del parámetro asociado P, W, par, Fr.

25 Preferiblemente,

- el bloque de cálculo 11C repite al menos una vez las etapas anteriores de aplicación de un estímulo, en un instante cualquiera posterior  $T_y$ , y

- el bloque de cálculo 11C calcula, cada vez, una pendiente cualquiera respectiva  $\Delta Q_x/\Delta P_x$ ,  $\Delta Q_y/\Delta P_y$ , cuyo signo de evolución del valor con el tiempo indica el sentido de evolución del nivel de saturación.

30 Para determinar dicha sensibilidad del parámetro asociado P, W, par, Fr, el bloque de cálculo 11C incluye una modificación con un valor de ajuste de un parámetro de control de funcionamiento del ventilador, que constituye dicho parámetro asociado W, par, Fr, para compensar, al menos un determinado porcentaje, dicha variación  $\Delta W$  de dicho parámetro asociado, W, par, Fr, inducida por dicho desplazamiento  $\Delta Q_x$  de caudal de aire  $Q_x$ , y dicha sensibilidad de dicho parámetro asociado W, par, Fr se determina según el valor de dicha modificación incluida, relacionada con dicho porcentaje.

35

## REIVINDICACIONES

1. Procedimiento de estimación de la evolución de un nivel de saturación de filtros de aire (11F, 41F, 130) instalados en diferentes locales y conectados a una instalación de al menos un conducto de intercambio de aire (12), activado por un ventilador (9) accionado por un motor (8), caracterizado por la serie de etapas siguientes:
- 5 a) en un instante inicial (T0), se determina y almacena un conjunto inicial (J0) de valores de parámetros asociados de funcionamiento de la instalación (Y), parámetros (Y) que comprenden un parámetro de caudal de aire instantáneo (Q) garantizado por el ventilador y al menos un parámetro instantáneo asociado de funcionamiento del ventilador (9) para garantizar el caudal de aire instantáneo considerado Q, variando los parámetros asociados de forma correlacionada para definir una curva de respuesta, inicial (C10, C20), prevista para la instalación.
- 10 b) en un instante cualquiera (Tx), se determinan los valores cualesquiera (Vx) de dichos parámetros (Y) para un punto de funcionamiento cualquiera (Fx) de dicha curva de respuesta, real, (Cx),
- c) se compraran los valores cualesquiera (Vx) con el conjunto inicial (J0) para determinar una dirección de desviación del punto de funcionamiento cualquiera (Fx) respecto a la curva de respuesta inicial (C10, C20), y
- d) se determina un sentido de evolución del nivel de saturación según la dirección de la desviación.
- 15 2. Procedimiento según la reivindicación 1, en el cual, en la etapa c), se mide dicha desviación para, en la etapa d), estimar un nivel de desviación de saturación según una ley creciente con la desviación medida.
3. Procedimiento según la reivindicación 2, en el cual se almacenan dichos niveles de desviación de saturación con el tiempo para así elaborar una tabla de predicción temporal de la evolución del nivel de saturación y, a continuación, se usa la tabla de predicción para realizar dicha estimación del nivel de desviación de saturación.
- 20 4. Procedimiento según una de las reivindicaciones 1 a 3, en el cual se corrige una curva (C10, C20) de configuración de regulación del ventilador (9) aplicando una desviación de la configuración en un sentido función de dicha dirección de la desviación de la saturación.
5. Procedimiento según una de las reivindicaciones 1 a 4, en el cual:
- 25 - en la etapa b), se aplica un estímulo en forma de desplazamiento de presión ( $\Delta P$ ) con un valor cualquiera de presión de aire (Px) garantizado por el ventilador (9), por desplazamiento del valor de uno de dichos parámetros asociados, respecto a un valor homólogo (P0) del conjunto inicial (J0), y
- en la etapa c), a modo de dicha desviación, se mide una variación del caudal de aire ( $\Delta Q$ ), inducida por dicho desplazamiento de presión ( $\Delta P$ ).
6. Procedimiento según la reivindicación 5, en el cual
- 30 - se repiten, al menos una vez, en un instante cualquiera posterior (Ty), las etapas de la reivindicación 10, calculando cada vez (x, y) una pendiente cualquiera respectiva ( $\Delta Q_x/\Delta P_x$ ) y ( $\Delta Q_y/\Delta P_y$ ) entre una variación de caudal de aire y una variación de presión asociada, en un instante determinad (x, y), y
- en la etapa c), se comparan las pérdidas cualesquiera respectivas  $\Delta Q_x/\Delta P_x$   $\Delta Q_y/\Delta P_y$  para determinar dicha dirección de desviación.
- 35 7. Procedimiento según una de las reivindicaciones 1 a 4, en el cual:
- se aplica un estímulo en forma de desplazamiento ( $\Delta Q_x$ ) con un valor cualquiera de dicho caudal de aire (Qx) del ventilador (9), respecto a un valor homólogo (Q0) del conjunto inicial (J0),
- se detecta una variación de dicho parámetro asociado inducida por dicho desplazamiento de caudal de aire ( $\Delta Q_x$ ), y
- 40 - se determina dicho sentido de evolución del nivel de saturación según un signo de una sensibilidad del parámetro respecto a dicho estímulo.
8. Procedimiento según las reivindicaciones 2 y 7 consideradas en combinación, en el cual dicha medida de desviación según la reivindicación 2 corresponde a una medida de una amplitud de dicha sensibilidad, representada por una amplitud de dicha variación inducida del parámetro asociado.
- 45 9. Procedimiento según una de las reivindicaciones 7 y 8 dependientes de la reivindicación 2, en el cual en una etapa final, para determinar dicha sensibilidad del parámetro asociado, se incluye una modificación con un valor de ajuste de un parámetro de control de funcionamiento del ventilador, que constituye dicho parámetro asociado, para compensar, al menos un determinado porcentaje, dicha variación ( $\Delta W$ ) de dicho parámetro asociado inducida por dicho

desplazamiento ( $\Delta Q_x$ ) de caudal de aire ( $Q_x$ ), y dicha sensibilidad de dicho parámetro asociado se determina según el valor de dicha modificación incluida, relacionada con dicho porcentaje.

5 10. Procedimiento según una de las reivindicaciones 1 a 5 y 7 y 8, en el cual, habiendo previsto una boca de servicio de referencia ( $R_s$ ), con caudal de aire de referencia ( $Q_r$ ), se conmuta su estado para pasar, en un sentido cualquiera conocido, entre dos estados extremos, respectivamente de cierre y de apertura, para generar, en el instante cualquiera ( $T_x$ ), un desplazamiento ( $\Delta Q_x$ ) con un valor cualquiera de dicho caudal de aire ( $Q_x$ ) del ventilador respecto a un valor homólogo  $Q_0$  del conjunto inicial ( $J_0$ ),

- y se llevan a cabo las etapas b) y siguientes.

10 11. Procedimiento según las reivindicaciones 2 y 10 consideradas en combinación, en el cual se realiza una conmutación progresiva de caudal de aire ( $Q$ ) por conmutación progresiva del estado de la boca de referencia ( $R_s$ ) entre los estados extremos y se realiza, en una pluralidad  $N$  de instantes cualquiera ( $T_x$ ,  $T_y$ ,  $T_z$ ) dicha pluralidad  $N$  de muestreos de la respuesta de la instalación en términos de dichos valores cualesquiera ( $V_x$ ,  $V_y$ ,  $V_z$ ) de dichos parámetros ( $Y$ ) según la etapa b) y, según la pluralidad de dichos niveles de desviación así obtenidos, se elabora una curva de sensibilidad de respuesta de la instalación respecto a dicha conmutación de caudal de aire.

15 12. Procedimiento según la reivindicación 11, en el cual:

- se modeliza el estado de otra pluralidad ( $BO$ ) de filtros (11F, 41F, 130) de dicho conducto (91), según una ecuación que incluye, en variables, los niveles respectivos de saturación de la otra pluralidad ( $BO$ ) de filtros (11F, 41F, 130),

- se realiza dicha pluralidad  $N$  de muestreos al menos igual a la otra pluralidad ( $BO$ ) de filtros (11F, 41F, 130), y

20 - se establece así al menos dicha otra pluralidad ( $BO$ ) de dichas ecuaciones, lo que permite determinar a partir de las mismas dicha otra pluralidad ( $BO$ ) de valores de variables de saturación.

13. Procedimiento según una de las reivindicaciones 1 a 12, en el cual:

- se almacena un valor medio de uno de dichos parámetros durante un intervalo de tiempo predeterminado y con una duración que represente varios ciclos de uso de la instalación, y

- igualmente, se determina, durante uno de dichos ciclos, posterior, dicho valor medio cualquiera del parámetro,

25 - y se lleva a cabo la etapa c) según dichos valores medios, respectivamente almacenado y cualquiera.

14. Procedimiento según una de las reivindicaciones 1 a 13, en el cual:

- se modifica un nivel cualquiera de presión ( $P$ ) en la instalación durante un intervalo que supere un valor de umbral mínimo para el buen funcionamiento de las bocas (120), asociadas a los respectivos filtros (41F), con limitación del caudal de aire por encima de un caudal de aire nominal ( $Q_n$ ) en caso de presión diferencial que supere una presión diferencial predeterminada ( $PD_s$ ) correspondiente a dicho umbral mínimo y que garantice al menos el caudal de aire nominal ( $Q_n$ ),

30 - se muestrea, con el tiempo, el valor del caudal de aire ( $Q$ ) para medir una variación del caudal de aire así inducida, para elaborar una curva de respuesta real de caudal de aire ( $Q$ ), y

35 - se localiza, sobre la curva de respuesta real de caudal de aire ( $Q$ ), al menos un cambio de pendiente correspondiente a una transición entre un funcionamiento incorrecto de una de las bocas (120), con caudal de aire inferior al caudal de aire nominal ( $Q_n$ ), y un buen funcionamiento, con caudal de aire que supera el caudal de aire nominal ( $Q$ ) y que provoca así la limitación del caudal de aire, lo que proporciona una medida de la presión diferencial de la boca considerada (120) para las condiciones de funcionamiento de la instalación, definidas por los parámetros.

40 15. Grupo de ventilación (1) para la implementación del procedimiento según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 14, que incluye una unidad central (20C) de control de un motor (8) de accionamiento de un ventilador (9) previsto para ser conectado a una instalación de ventilación que incluye al menos un conducto (10, 20, 81, 91) de intercambio de aire con diferentes locales, caracterizado por el hecho de que incluye:

45 - circuitos (13) de control del ventilador (9) dispuestos para, en un instante inicial ( $T_0$ ), determinar y almacenar un conjunto inicial ( $J_0$ ) de valores de parámetros asociados de funcionamiento de la instalación  $Y$ , parámetros ( $Y$ ) que comprenden un parámetro de caudal de aire instantáneo ( $Q$ ) garantizado por el ventilador (9) y al menos un parámetro instantáneo asociado de funcionamiento del ventilador (9) para garantizar el caudal de aire instantáneo considerado ( $Q$ ), variando los parámetros de control asociados de forma correlacionada para definir una curva de respuesta, inicial ( $C_{10}$ ,  $C_{20}$ ), prevista para la instalación, estando los circuitos de control (13) dispuestos para, en un instante cualquiera ( $T_x$ ), determinar los valores cualesquiera ( $V_x$ ) de dichos parámetros  $Y$  para un punto de funcionamiento cualquiera  $F_x$  de dicha curva de respuesta, real,  $C_x$ , y

- circuitos de cálculo (11C), dispuestos para comparar los valores cualesquiera ( $V_x$ ) con el conjunto inicial (J0) para determinar una dirección de desviación del punto de funcionamiento cualquiera  $F_x$  respecto a la curva de respuesta inicial (C10, C20), y dispuestos para determinar un sentido de evolución del nivel de saturación según la dirección de la desviación.

5

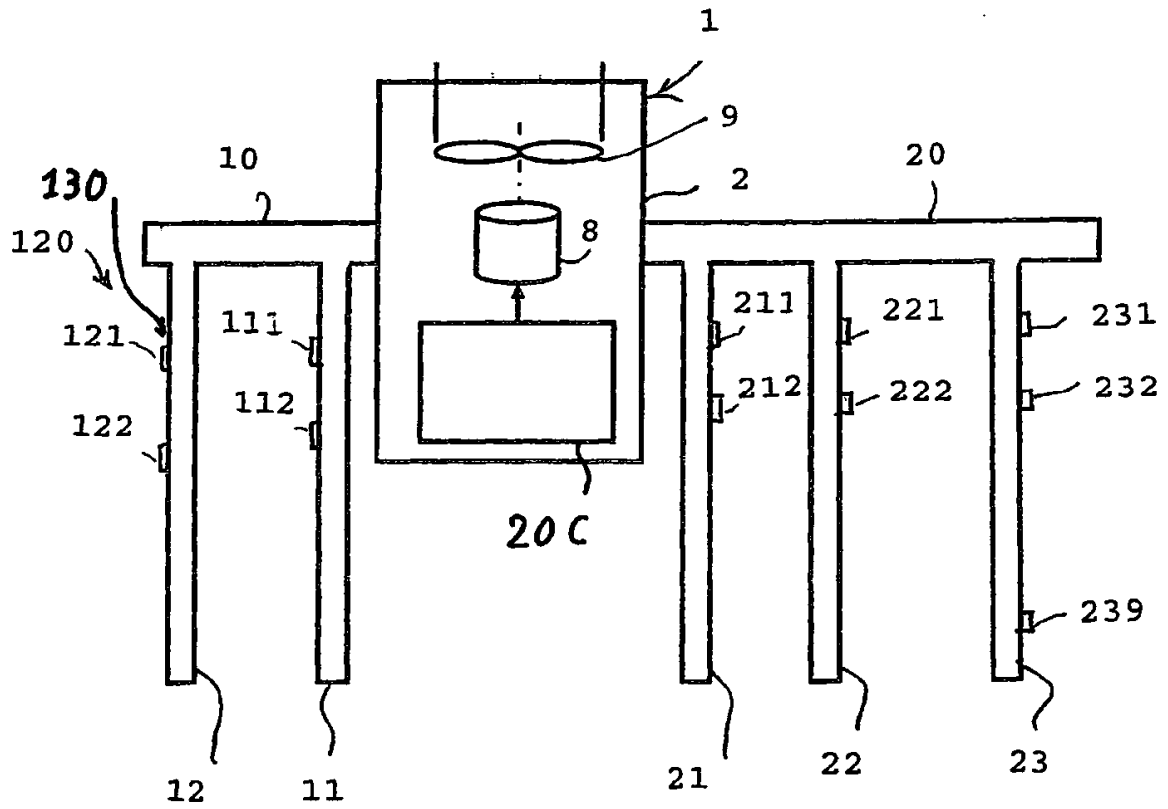


FIGURA 1

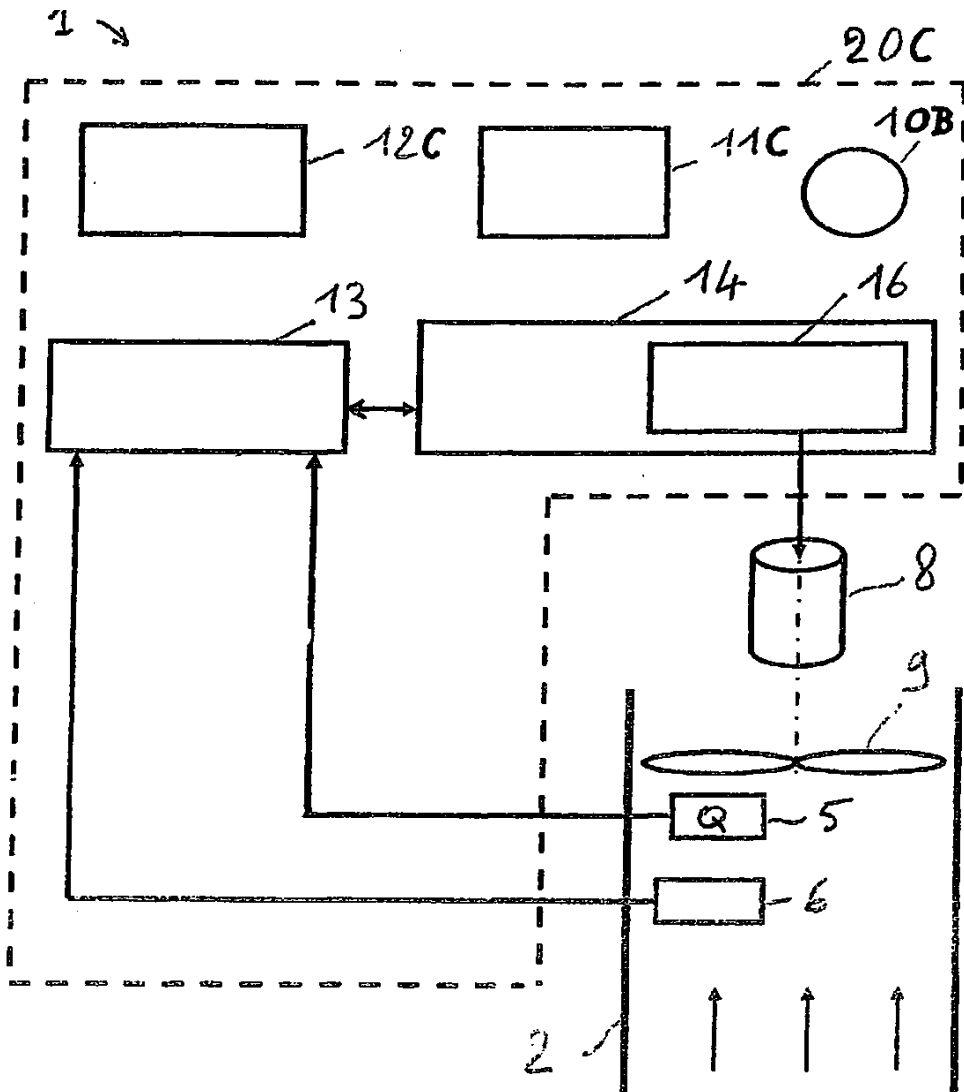


FIGURA 2

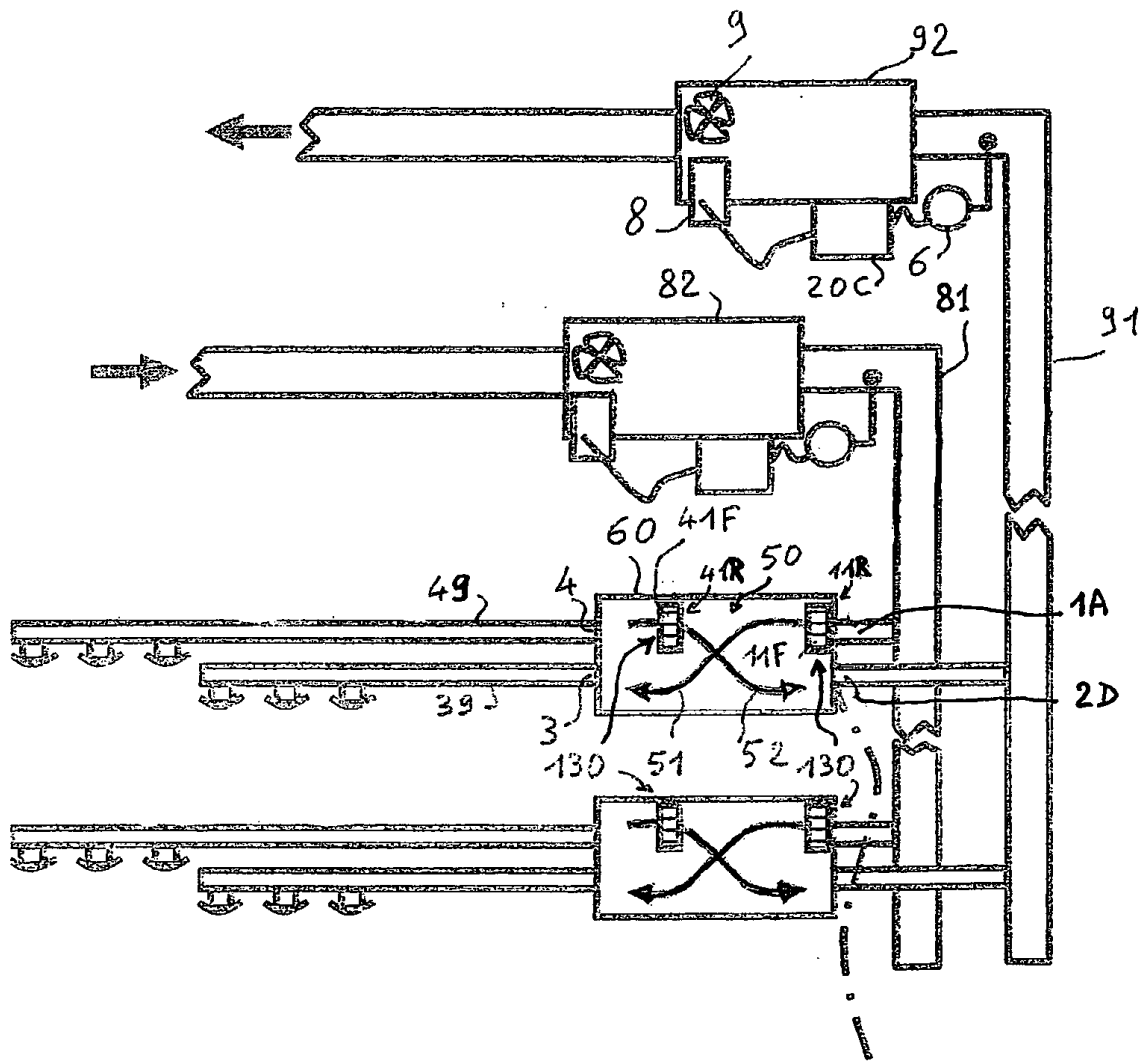


FIGURA 3



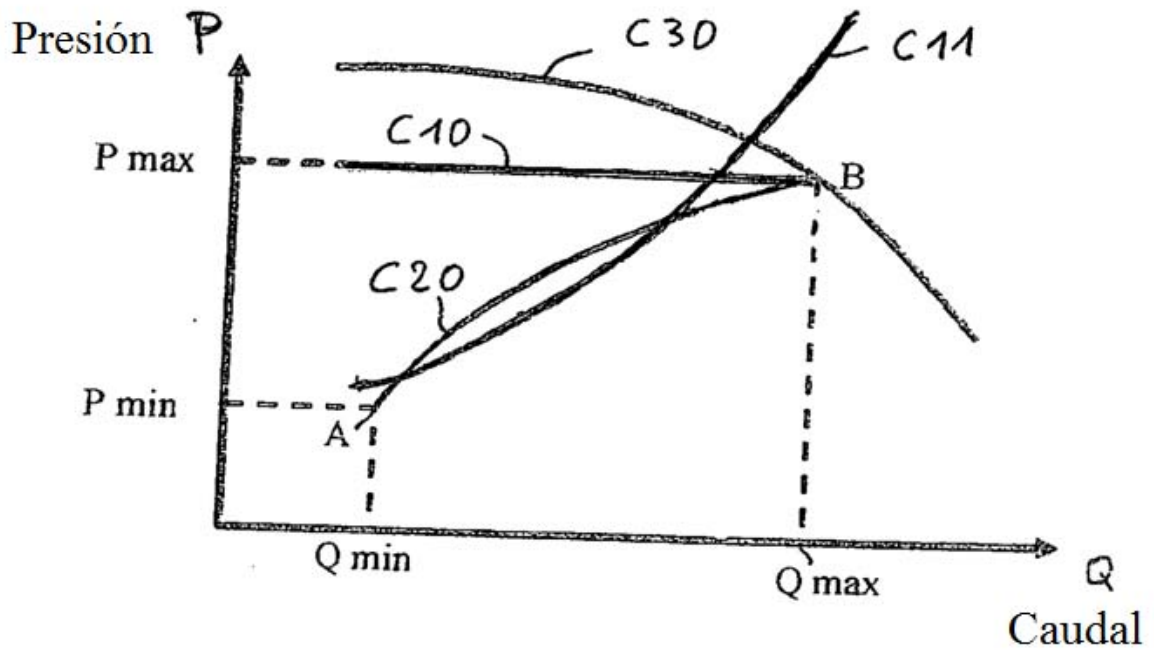


FIGURA 4



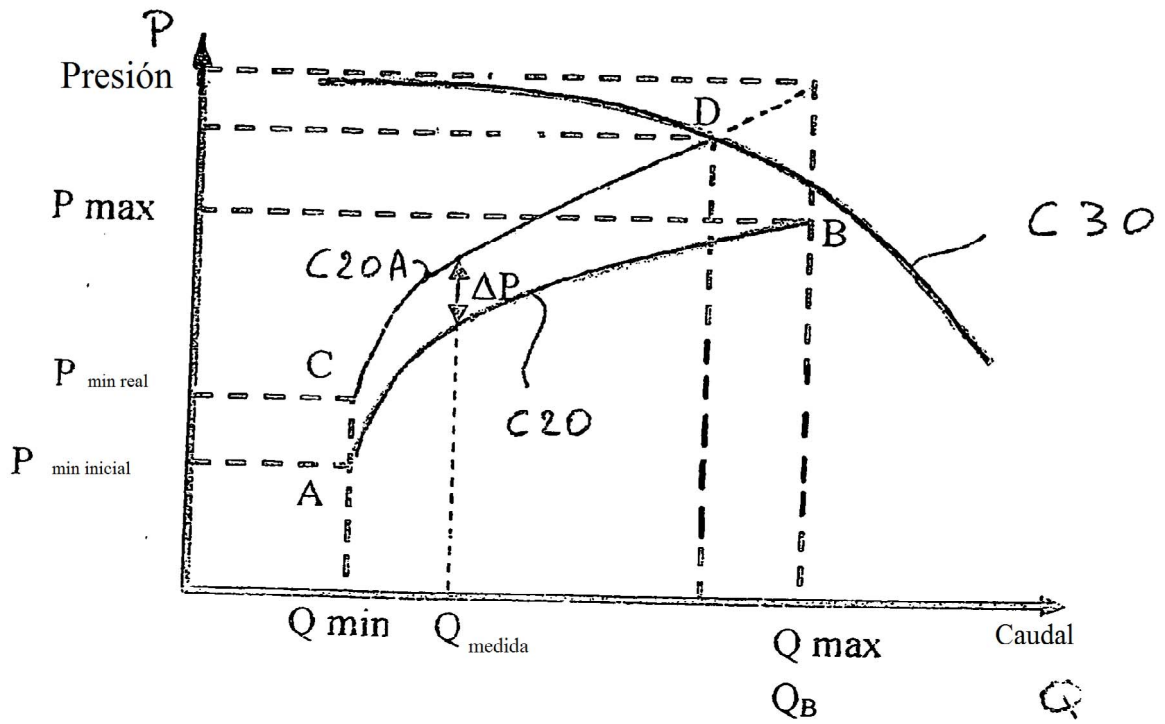
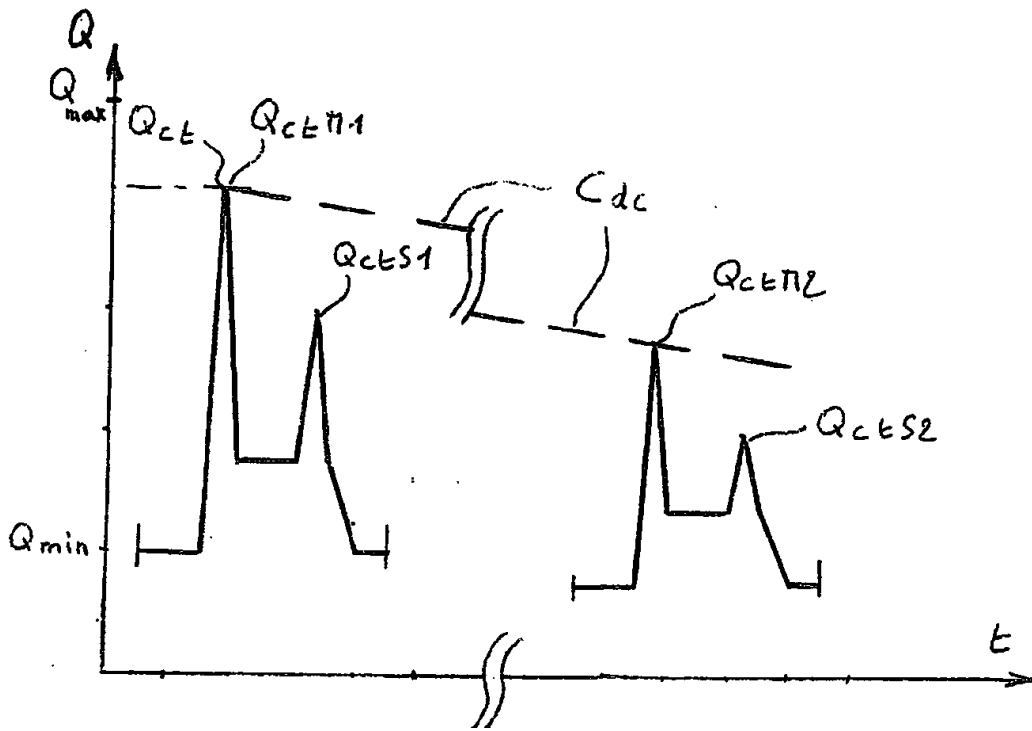


FIGURA 6



7/9

FIGURA 7

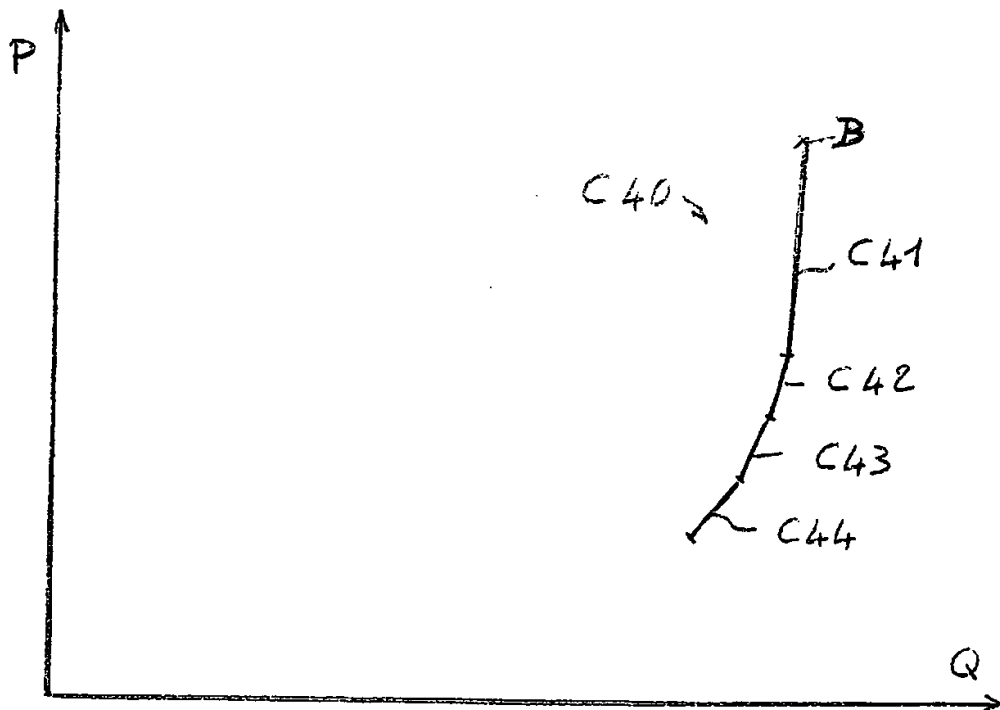


FIGURA 10

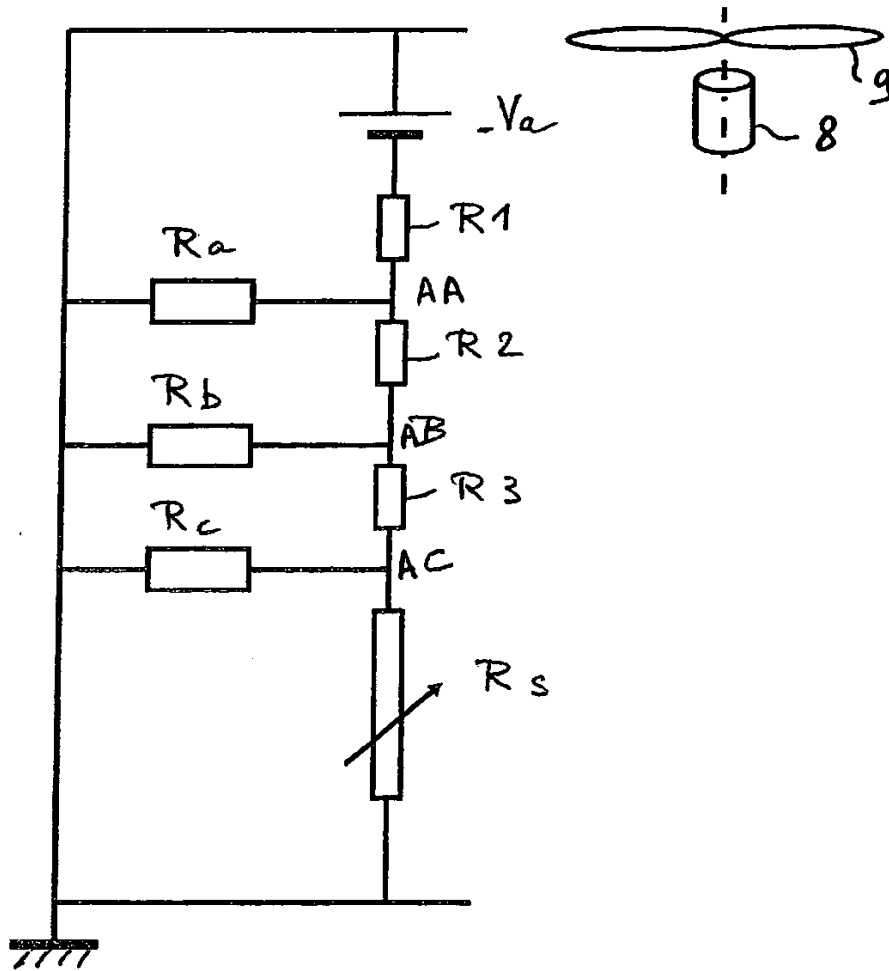


FIGURA 8

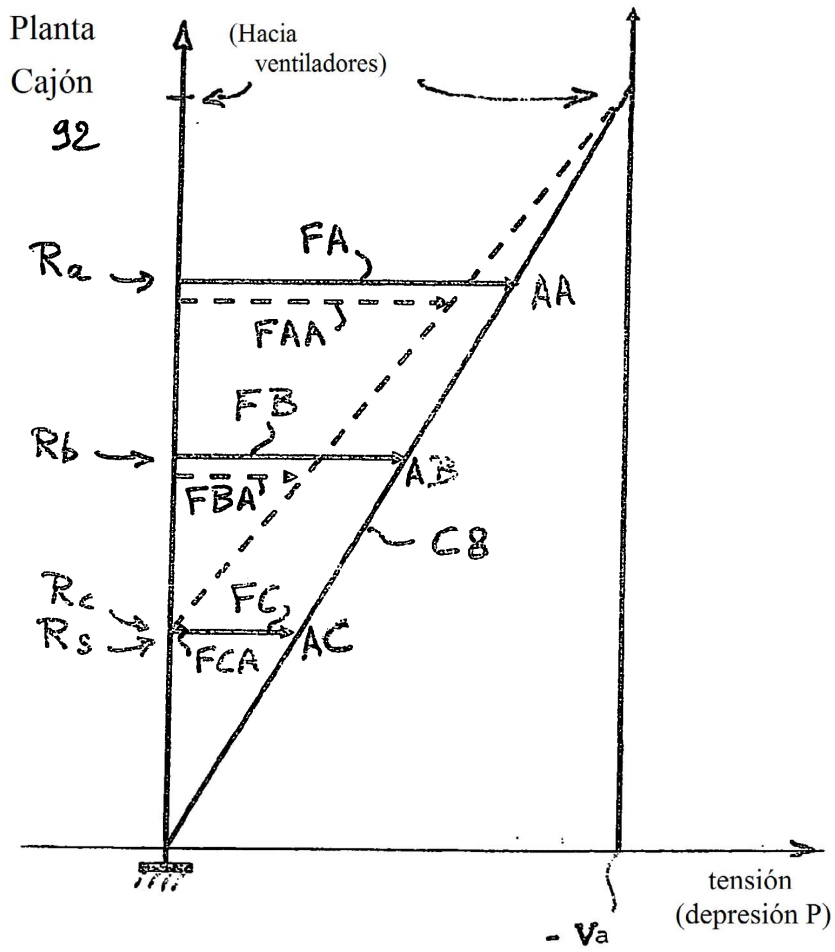


FIGURA 9