

CAMPANA DE FLUJO DE AIRE

Solicitudes de patentes relacionadas

La presente solicitud de patente reivindica prioridad de la Solicitud de Patente Provisoria Acta N° 62/121.222, que se presentó el 26 de febrero de 2015 y cuyo objeto se incorpora por la presente por referencia en su totalidad.

Campo técnico

La presente invención se refiere a la detección de la velocidad del aire. Más específicamente, la presente invención se refiere a una campana de flujo de aire, una campana de lectura directa, o un balómetro usado para medir el flujo de aire desde los difusores hacia sistemas de calefacción, ventilación y acondicionamiento de aire (CVAA) en edificios comerciales o estructuras similares.

Antecedentes

Los arquitectos y los ingenieros que diseñan los sistemas de CVAA para edificios comerciales y otras estructuras hacen todo lo posible para asegurar que esos sistemas provean un nivel consistente y confiable de comodidad a los ocupantes de esas

estructuras. Los diseñadores de CVAA dimensionan cuidadosamente las unidades de CVAA para asegurar el suministro del volumen apropiado de aire acondicionado. Además, diseñan los conductos para distribuir el aire acondicionado a los diversos ambientes y otras áreas de la estructura a velocidades y proporciones adecuadas. Además, los diseñadores seleccionan la separación y la configuración de los difusores, los registros o terminales a través de los cuales se descarga el flujo de aire (en adelante denominados en general "difusores") para distribuir y dispersar el aire acondicionado en los ambientes/áreas de manera tal que se provea el nivel deseado de comodidad para los ocupantes.

En este diseño está integrada la necesidad de que el aire acondicionado se disperse desde cada uno de los difusores a una velocidad de flujo volumétrico que está en un rango o dentro de un rango predeterminado de una velocidad especificada por el diseñador. Las velocidades de flujo que se desvían de aquellas especificadas por los diseñadores derivan en temperaturas de los ambientes o áreas que se desvían de la temperatura blanco ajustada en el controlador/termostato, que puede comprometer la comodidad de los ocupantes del edificio.

Cuando se le encargan sistemas comerciales de CVAA, el sistema necesita el equilibrio para asegurar que el aire acondicionado se suministre desde cada uno de los difusores a una velocidad de

flujo volumétrica que está en un rango o dentro de un rango especificado por los diseñadores del sistema. El equilibrio también se puede necesitar como parte del mantenimiento de rutina del sistema de VCAA o cuando se configura el plano del piso está dentro de un edificio.

El equilibrio de un sistema comercial de VCAA no es un tema trivial y necesita de los servicios de un técnico habilitado de VCAA. Las corridas de conductos comerciales de VCAA pueden ser complicados y pueden tener ramales o zonas, cada uno de los cuales tiene muchos difusores, o nodos. No solamente cada uno de los difusores tiene su propia compuerta de tiro para ajustar el flujo a través de ese nodo particular, sino que también hay compuertas de tiro dentro de los conductos que se pueden usar para controlar el flujo de aire hacia las diversas zonas dentro del sistema. Una vez que se considera que el ajuste de la compuerta de tiro para cualquier zona o nodo crea necesariamente un cambio en la contrapresión que afecta el flujo de aire a través de todas las demás zonas y nodos del sistema, la complejidad de la tarea del equilibrio se hace clara.

El diseñador del sistema selecciona los difusores montados en el techo de los sistemas comerciales de VCAA de un número definido de configuraciones para difundir y dirigir el aire acondicionado al espacio del edificio en un patrón predeterminado. Si bien hay

numerosas configuraciones diferentes de difusores de entre las cuales elegir, la vasta mayoría de los diseños de difusores están dentro o se basan en alrededor de una huella de 61 cm x 61 cm común a los revestimientos de techo comerciales.

La Oficina Nacional de Equilibrio Ambiental ("NEBB", por su sigla en inglés) es una asociación de certificación internacional que, entre otras funciones, certifica a personas físicas y personas jurídicas para encargar, ensayar, ajustar y equilibrar sistemas de VCAA. Además de las certificaciones, la NEBB también provee especificaciones de equipos y normas procesales. Del lado del equipo, un equipo para el cual la NEBB expide especificaciones se refiere a una campana de lectura directa, que se usa para medir el flujo de aire a través de un difusor montado al techo. En la presente descripción, el término más genérico "campana de flujo de aire" se usa para describir la forma usada más comúnmente de un dispositivo de campana de lectura directa. Los expertos en el arte apreciarán que la "campana de lectura directa" y la "campana de flujo de aire", como se usan en la presente descripción, son esencialmente intercambiables, es decir, la campana de flujo de aire descrita en la presente se puede caracterizar como una campana de lectura directa dentro de la especificación de la NEBB.

Las campanas de flujo de aire son instrumentos que usan los técnicos en VACC para medir el flujo de aire descargado a través de los difusores montados en el techo de sistemas comerciales de VACC. Las campanas de flujo de aire están diseñadas para mantenerse en el lugar sobre el difusor. La campana actúa como un conducto que recoge y redirige el aire que se descarga desde el difusor. La campana de flujo de aire tiene la configuración de una tobera convergente divergente con una garganta a través de la cual se dirige el aire acondicionado para medir la velocidad de flujo volumétrica. La presión diferencial se mide sobre un manómetro de tubo de Pitot promedio ubicado en la garganta.

Promediar los manómetros de tubos de Pitot usados en las campanas de flujo de aire convencionales normalmente incluye una pluralidad de tubos dispuestos en una matriz sobre la garganta. Los tubos definen dos anales (uno para promediar la presión corriente arriba y otro para promediar la presión corriente abajo) que están conectados en forma fluida con un solo manómetro. Las puertas separadas alrededor de los tubos miran en las direcciones corriente arriba y corriente abajo en la campana y están conectadas con los canales corriente arriba y corriente abajo, respectivamente. El flujo de aire de la campana en consecuencia crea una presión de la velocidad sobre la red de tubos de Pitot, donde la presión total lateral alta se promedia

por el canal corriente arriba y la presión estática lateral baja se promedia por los canales corriente abajo. La intención es que, dado que las puertas están separadas alrededor de la red que se extiende sobre el corte transversal de la garganta, la presión de la velocidad detectada a través de la red es una velocidad promedio de la garganta. Esta presión de la velocidad promedio se puede usar para calcular una velocidad promedio del aire a través de la campana, a partir de la cual se puede calcular una velocidad de flujo volumétrica.

Promediar los manómetros de la red de tubos de Pitot puede ser susceptible de errores. Las presiones diferenciales medidas sobre el promedio de los tubos de Pitot son muy sensibles a las varianzas en la velocidad del aire sobre las numerosas puertas, lo cual puede aliviar la presión en algunas de las aberturas. Este puede ser el caso, por ejemplo, con las concentraciones de flujo altamente no uniformes, cuando ocurre que las áreas de concentraciones relativamente altas o bajas están ubicadas en el área de las puertas de los tubos de Pitot. En cualquier caso, la presión diferencial medida no produce una medición precisa del flujo de aire.

Independientemente de la configuración particular del difusor de VCAA, la campana de flujo de aire convencional recoge el aire descargado y lo redirige hacia la garganta cuando se hacen las

mediciones de la presión diferencial usadas para calcular el flujo de aire volumétrico a través de la campana de flujo de aire. Sin embargo, esta recolección y redirección reducen la velocidad del flujo de aire a través de la campana, lo cual crea una contrapresión en el sistema de VCAA. Como resultado de esta contrapresión creada por la campana de flujo de aire, se reduce el flujo de aire a través del difusor. Al dejarlo sin verificar, esto produce un error correspondiente en la lectura del flujo de aire de la campana de flujo de aire. Advertir que las presiones diferenciales medidas con una campana de flujo de aire pueden necesitar necesariamente una resolución de hasta 0,00254 cm de la columna de agua (IWC, por su sigla en inglés), estos errores se pueden hacer significativos.

Además, las campanas de flujo de aire convencionales normalmente tienen un corte transversal abierto y el aire dirigido a través de la campana es libre para seguir cualquier camino y patrón de flujo que indique la física. Por este motivo, el flujo volumétrico a través de la campana de flujo de aire no es uniforme sobre el corte transversal de la campana y la precisión de la medición del flujo de aire se puede resentir. La redirección del flujo en la campana puede producir patrones de recirculación en algunas regiones de la campana, por ejemplo, hacia las regiones centrales de la campana, mientras que la mayor parte del flujo volumétrico se dirige a lo largo de otras

regiones de la campana, tal como a lo largo de los costados. La campana de flujo de aire convencional por lo tanto puede resentirse debido a la falta de mezcla, en donde el flujo tiene un patrón de flujo más uniforme, mezclado sobre el corte transversal de la campana.

Además, la falta de uniformidad del flujo a través de la campana de flujo de aire cambia según la configuración del difusor que descarga el aire. Debido a que el promedio de los manómetros de tubos de Pitot en la campana de flujo de aire convencional han fijado posiciones dentro del corte transversal de la campana, la precisión de la presión neta medida puede variar sustancialmente al variar los perfiles de las velocidades y los cálculos del flujo de aire que derivan de estas mediciones no son confiables y quedan librados a la suerte. En vista de lo antedicho, es fácilmente evidente que la campana de flujo de aire convencional se resiente a partir de las imprecisiones debido a la falta de uniformidad del flujo y debido a las varianzas producidas por diferentes configuraciones del difusor.

Resumen

Un aparato para medir el flujo de aire a través de un difusor de un sistema de CVAA incluye una campana que se ha de posicionar adyacente al difusor de manera tal que el flujo de aire

descargado desde el difusor se dirija a la campana. La campana está configurada para dividir y dirigir el flujo de aire a través de una pluralidad de canales de descarga. Las sondas del sensor miden el flujo de aire a través de cada uno de los canales de descarga.

De acuerdo con un aspecto, las sondas del sensor pueden incluir sensores de anemómetro de punto caliente.

De acuerdo con otro aspecto, la campana puede incluir estructuras de interrupción de flujo para mezclar y distribuir el flujo de aire de manera uniforme en todos los canales de descarga. Las estructuras de interrupción de flujo pueden comprender dispositivos que producen turbulencia. Cada una de las estructuras de ruptura de flujo puede incluir una pluralidad de aletas con forma de diente dispuestas en filas similares a dientes de serrucho. Las estructuras de ruptura de flujo se pueden posicionar adyacentes a las entradas de los canales de descarga.

De acuerdo con otro aspecto, la campana puede incluir paredes internas que dividen el flujo de aire y canaliza el flujo de aire a los canales de descarga. Las paredes internas pueden tener una configuración pico y una pendiente en forma convergente hacia los canales de descarga. La campana puede incluir una parte

superior que define un espacio abierto en el cual se descarga el flujo de aire. Las paredes internas y los canales de descarga se pueden posicionar corriente abajo de la parte superior.

De acuerdo con otro aspecto, la campana puede incluir cuatro cuadrantes a través de los cuales se dirige el flujo de aire dividido. Cada uno de los cuadrantes puede incluir uno de los canales de descarga. La campana puede incluir además paredes internas que contribuyen a definir los cuadrantes y que dividen el flujo de aire en la campana y canalizan el flujo de aire en los canales de descarga.

De acuerdo con otro aspecto, cada uno de los cuadrantes puede incluir por lo menos una estructura de ruptura de flujo para mezclar y distribuir el flujo de aire de manera uniforme en todos los canales de descarga. Las estructuras de ruptura pueden estar posicionadas adyacentes a las entradas de los canales de descarga.

De acuerdo con otro aspecto, el aparato puede incluir una superficie plana, posicionada en una parte superior de la campana, que coordina y dirige el flujo de aire hacia los canales de descarga. La superficie plana puede reducir el volumen de la parte superior y de ese modo contribuir a impedir el remolino en el flujo de aire en la parte superior de la campana. La

superficie plana puede ser una parte superior de una tapa debajo de la cual están ubicados los instrumentos y los elementos electrónicos. Los instrumentos pueden incluir por lo menos uno de los transductores de presión y temperatura.

De acuerdo con otro aspecto, el aparato también puede incluir elementos electrónicos para interrogar a las sondas del sensor y transmitir señales inalámbricas que comprenden datos de la medición obtenidos mediante las sondas del sensor. El aparato puede incluir también un dispositivo inteligente para recibir las señales inalámbricas y procesar los datos de la medición para proveer datos de la medición del flujo de aire para el difusor. El dispositivo inteligente puede incluir uno de un teléfono inteligente o una tableta equipada con una aplicación para el procesamiento de los datos de la medición del flujo de aire y que comprende una interfaz gráfica de usuario para mostrar información relacionada con los datos de la medición y el sistema de VCAA.

De acuerdo con otro aspecto, el aparato puede incluir una estructura para el montaje en un poste ubicada en el centro del lado inferior de la campana. La estructura para el montaje en un poste se puede adaptar para recibir un poste que un usuario puede manipular para maniobrar la campana hacia una posición adyacente al difusor. La estructura para el montaje en un poste puede

incluir un mecanismo de articulación giratoria para permitir que el poste pivote en relación con la campana. El poste puede tener una construcción telescópica que permite que se ajuste la longitud del poste para facilitar el posicionamiento de la campana adyacente al difusor mientras se posiciona una base del poste contra una superficie de manera tal que la superficie soporte por lo menos una parte del peso de la campana. El poste puede incluir una manija que el usuario puede agarrar para maniobrar la campana. La manija puede incluir un gatillo que se puede accionar con el dedo para proveer una señal inalámbrica para activar los elementos electrónicos del sistema.

Un método para medir el flujo de aire a través de un difusor de un sistema de VCAA incluye reunir el flujo de aire descargado desde el difusor dividir el flujo de aire, dirigir el flujo de aire dividido a través de una pluralidad de canales de descarga y medir el flujo de aire a través de cada uno de los canales de descarga.

De acuerdo con un aspecto, el método también incluye interrumpir el flujo de aire para mezclar y distribuir el flujo de aire en forma uniforme en todos los canales de descarga.

De acuerdo con otro aspecto, el método también incluye coordinar el flujo de aire en la región cercana al difusor y dirigir el flujo de aire hacia la estructura para dividir el flujo de aire.

Breve Descripción de las Figuras

La presente invención se ilustra a modo de ejemplo y no en forma taxativa en las figuras de los dibujos adjuntos, las cuales las referencias iguales indican elementos similares y en donde:

La Figura 1 es una ilustración en perspectiva de un sistema para medir el flujo de aire descargado desde un difusor de VCAA, de acuerdo con la invención.

La Figura 2 es una vista superior en perspectiva de una parte del sistema ilustrado en la Figura 1.

La Figura 3 es una vista superior en perspectiva de la parte del sistema ilustrada en la Figura 2 con ciertas partes retiradas.

La Figura 4 es una vista inferior en perspectiva de la parte del sistema ilustrada en la Figura 2.

La Figura 5 es una vista en alzado de la parte del sistema ilustrada en la Figura 2.

La Figura 6 es una vista en planta superior de la parte del sistema ilustrado del a Figura 2.

Las Figuras 7-9 son vistas en perspectiva de diferentes partes del sistema ilustrado en la Figura 2.

La Figura 10 es una vista en perspectiva que ilustra un ejemplo de una implementación de sistema de la Figura 1.

Las Figuras 11A-11J ilustran ejemplos de difusores de VCAA, el flujo de aire a través del cual se puede usar el sistema de las Figuras 1-10 para la medición.

Las Figuras 12A-12D ilustran ejemplos comparativos del funcionamiento del sistema de las Figuras 1-10 en comparación con la campana de flujo de aire del arte previo.

Descripción

Con referencia a la Figura 1, un sistema 10 para medir el flujo de aire a través de un difusor 12 de un sistema de VCAA 14 incluye un aparato 48 que incluye un balómetro 50 y un poste 20 sobre el cual se puede montar el balómetro. Como se muestra en la Figura 1, el sistema de VCAA 14 puede ser un sistema comercial

de VCAA que normalmente se halla en los edificios comerciales, tales como edificios de oficinas y el difusor 12 puede ser uno que se usa en las estructuras de revestimiento de techo, indicada en general en 16, que son comunes a los espacios de oficinas de esas estructuras. Como tal, el difusor 12 puede, por ejemplo, tener una huella de 61x61 cm que es conmensurable con la estructura de rejilla típica del revestimiento de techo 16. El difusor 12 se puede alimentar con aire acondicionado desde el sistema de VCAA 14 a través de los conductos 40 y una campana 42.

El balómetro 50 incluye una campana 52 que tiene una configuración general de caja rectangular que está adaptada para cooperar con la configuración (por ejemplo, la configuración cuadrada de 61x61 cm del difusor 12. El poste 20 facilita que un usuario, indicado generalmente en 30, maniobre la campana del balómetro 52 para ajustarla de lleno sobre el difusor 12 y contra el techo a lo largo del parámetro del difusor de manera tal que la totalidad del aire descargado desde el difusor se dirija a través del balómetro 50. En esta posición, el usuario 30 puede activar el sistema 10, por ejemplo, a través de un gatillo 24 sobre la manija 22.

El gatillo 24 activa los instrumentos y elementos electrónicos del balómetro 50 a través de comunicaciones inalámbricas, tales

como Bluetooth o la conectividad inalámbrica de un solo modo. Los instrumentos y los elementos electrónicos están por lo menos parcialmente ocultos dentro de la campana del balómetro 52 y en consecuencia no se muestran en la Figura 1. Los instrumentos y elementos electrónicos obtienen los datos de la medición del flujo de aire que se transmiten en forma inalámbrica (nuevamente, por ejemplo, por Bluetooth) a un dispositivo inteligente 26, tal como un teléfono inteligente. El dispositivo inteligente 26 está equipado con una aplicación ("aplicación de equilibrio de VCAA") que está adaptada para usar los datos de la medición recibidos desde el balómetro 50 para calcular o determinar de otro modo la velocidad de flujo volumétrica del aire descargado desde el difusor 12.

El proceso se puede repetir para la totalidad de los difusores 12 de una parte dada del sistema de VACC, por ejemplo, para un edificio, ambiente, zona, ramal, etc, dado. Una vez que este proceso termina para la totalidad de los difusores 12, las velocidades de flujo medidas se puede comparar con la velocidad deseada o especificada para determinar si es necesario algún ajuste. Estos ajustes se pueden determinar en una variedad de maneras. Por ejemplo, un usuario experto, tal como un técnico en VCAA especializado en el equilibrio de edificios, puede determinar los ajustes. Esto puede ser muy engorroso y propenso a errores, especialmente cuando está involucrado un gran número

de difusores. En consecuencia, como otro ejemplo, la aplicación de equilibrio de VCAA instalada en el dispositivo inteligente 26 puede incluir una parte que determina los ajustes apropiados para cada uno de los difusores basado en las velocidades de flujo medidas y dada la información apropiada con respecto al sistema de VCAA, o una parte del mismo, que se está equilibrando.

El sistema 10 está diseñado para facilitar el uso para el usuario 30. Señalar que los difusores de VCAA montados en el techo 12 pueden ser numerosos y estar posicionados en lugares donde el acceso es difícil de obtener, tal como arriba de cubículos u otros muebles. Debido a esto, el usuario 30 puede posicionar manualmente y mantener el sistema en su lugar mientras se realizan las mediciones (véase la Figura 1). Dado que los edificios comerciales pueden tener centenares de difusores 12 que necesitan ser equilibrados, esta puede ser una tarea engorrosa y ardua. El sistema 10 está construido teniendo en cuenta estas consideraciones.

La campana de balómetro 52 está construido de una construcción de paredes delgadas, moldeada formada con un material polimérico liviano, tal como polipropileno. El balómetro 50 puede entonces tener una construcción comparativamente liviana, tal como de 1,362 kg o más, que puede ser menos de la mitad del peso de los balómetros convencionales.

El poste 20 también puede estar construido de materiales livianos, tales como fibra de carbono o aluminio. El poste 20 tiene una longitud ajustable (telescópicamente mediante la traba 28) de manera tal que el usuario 30 pueda maniobrar el balómetro 50 para llegar a los techos de diferentes alturas y para llegar por encima o alrededor de obstáculos, tales como muebles o gabinetes. La manija de agarre 22 le permite al usuario 30 agarre cómodo y conveniente con el gatillo que está posicionado para facilitar el acceso y el accionamiento. Una parte de la base 32 del poste 20 también puede tener una construcción ergonómica para aumentar la comodidad y la facilidad de uso del usuario. Para facilitar la manipulación del balómetro 50 por el usuario 30 hacia la posición deseada en el uso, el balómetro incluye un conector de pivote 36 ubicado en el centro sobre el lado inferior de la campana 52. El conector de pivote 36 (Figura 5) permite que la posición del poste 20 en relación con la campana del balómetro se manipule de manera tal que el usuario pueda acceder al difusor 12 desde diferentes líneas de aproximación.

Ventajosamente, el sistema 10 también está configurado de manera tal que el usuario 30 no sea necesario para mantener el balómetro 50 en su lugar en forma manual con el poste 20. Dado que la campana del balómetro 52 tiene una construcción muy liviana y dado que el poste 20 es ajustable en forma telescópica, el poste

se puede posicionar debajo de la campana del balómetro 52 y su longitud se puede ajustar de manera tal que el balómetro 50 esté soportado por una superficie rígida, tal como el piso 18 o una superficie de un mueble, tal como un escritorio, un gabinete, o una mesa. Además, para facilitar esta función, la parte de la base 32 del poste 20 puede incluir una parte o tapa de extremo 34 que tiene una construcción, tal como una construcción de caucho acanalado o tejido, lo cual facilita un buen "agarre" de rozamiento con la superficie sobre la cual está apoyada.

El soporte del sistema entre el piso 18 y el techo 16 se ilustra generalmente en líneas de guiones en 20 en la Figura 1. En esta aplicación, se libera al usuario 30 de la necesidad de soportar el peso completo del sistema 10. Aún cuando el espacio o los muebles no permitan que se coloque el poste 20 a un ángulo suficiente para permitir que el poste soporte el balómetro 50 sobre sí mismo, sin embargo, libera al usuario 30 de una parte de la carga soportando una parte del peso mientras el usuario estabiliza el sistema 10, por ejemplo, con la mano.

Con referencia a las Figuras 2-6, la campana 52 tiene una parte superior 60 con una configuración con forma de caja, generalmente cuadrada con cuatro paredes laterales 62 que se intersecan unas con otras y definen un extremo periférico 64 para ser colocadas contra el techo 16 (véase la Figura 1). Las paredes laterales 62

también definen un espacio interior 66 de la campana del balómetro 52. El espacio interior 66 de la parte superior 60 tiene una configuración abierta y conduce a una parte inferior corriente abajo 70 de la campana 52, que está dividida en los cuadrantes 72, cada uno de los cuales tiene una configuración y estructura idénticas.

La campana del balómetro 52 también incluye una tapa 150 para ocultar y proteger por lo menos una parte de los instrumentos y los componentes circulatorios (véase la Figura 3) del balómetro 50 y para contribuir a dirigir el flujo de aire en la parte superior 60 de la campana del balómetro 52.

Cada uno de los cuadrantes 72 está en parte definido internamente dentro de la campana 52 por respectivos pares de paredes internas 80. Las paredes internas 80 de cada uno de ellos tiene una configuración inclinada o en ángulo y forma inclinaciones de tipo de techo dentro del espacio interior 66 de la campana 52. Dentro de cada uno de los cuadrantes 72, las paredes internas 80 se intersecan una con otra en ángulos rectos, definiendo un valle 82 en esta intersección. La intersección de las paredes 80 de los cuadrantes adyacentes 72 define los picos 84 en la intersección. Cada uno de los picos 84 se extiende perpendicularmente desde una respectiva de las paredes 62 hacia el centro del espacio interior 66 de la campana 52, donde los

picos se intersecan uno con otro. Cada uno de los valles 82 divide en dos partes la intersección del par de picos 84 que definen el cuadrante 72. Los valles 82 también se extienden y se intersecan en el centro del espacio interior 66 de la campana 52.

En cada uno de los cuadrantes 72, las paredes internas intersecadas 80 y las respectivas partes de las paredes laterales intersecadas 62 definen una parte de entrada 86 del cuadrante. Cada uno de los cuadrantes 72 también incluye un canal de descarga 90 que se extiende hacia abajo (como se observa en las Figuras 2-6) desde la entrada asociada 86. Los canales de descarga 90 tienen una configuración rectangular, generalmente tubular. Cada uno de los canales de descarga 90 está definido sobre dos lados por partes intersecadas de las paredes laterales 62 y sobre dos lados por las paredes intersecadas 92 del canal que se extienden generalmente perpendiculares hacia el interior desde las paredes laterales hacia el centro de la campana 52. En su extensión superior, las paredes 92 del canal se intersecan con las partes de borde inferior 94 (véase la Figura 49 de las paredes internas intersecadas 80 asociadas con ese cuadrante 72.

Cada uno de los cuadrantes 72 también incluye una primera estructura de interrupción de flujo en la forma de un dispositivo que produce turbulencia 100 que está posicionado en el engranaje

de acoplamiento con la parte de entrada 86 del cuadrante en la boca del canal de descarga 90, o cerca de la misma. Los dispositivos que producen turbulencia 100 pueden, por ejemplo, asegurarse a la campana 52 a través de una conexión de ajuste a presión. Los dispositivos que producen turbulencia 100 se extienden a lo largo de por lo menos una parte de la periferia de la parte de entrada 86 de cada uno de los cuadrantes, a lo largo del perímetro de la boca del canal de descarga 90. Un ejemplo de un dispositivo que producen turbulencia 100 se ilustra en la Figura 7. En el ejemplo de realización, el dispositivo que produce turbulencia 100 es una parte singular que incluye un par de patas interiores 102 y un par de patas exteriores 104 que se intersecan unas con otras en ángulos rectos. Las patas interiores 102 se acoplan y siguen la pendiente de las paredes internas intersecadas 80 del cuadrante 72 y las patas exteriores 104 se acoplan y siguen a las paredes laterales que se extienden generalmente en forma vertical 62 del cuadrante 72 (véase, por ejemplo, la Figura 6).

Cada una de las patas 102, 104 del dispositivo que produce turbulencia incluye una pluralidad de aletas con forma de dientes 106 dispuestas en filas similares a dientes de serrucho a lo largo de la longitud de cada una de las patas. Cada una de las patas 102, 104 incluye una fila superior 110 y una fila inferior 112 de las aletas 106. Las aletas 106 de las filas superior e

inferior están escalonadas y se extienden una fuera de otra en direcciones opuestas. Sobre las patas exteriores 104, las aletas 106 están separadas a lo largo de la longitud completa de las patas. Sobre las patas interiores 102, las aletas 106 están separadas a lo largo de aproximadamente la mitad de la longitud de cada una de las patas, la mitad que se interseca con la pata exterior adyacente 104. Las partes 108 de las patas interiores 102 que no tienen las aletas 106 tienen una configuración con un contorno uniforme, con bordes superiores que se fusionan de manera uniforme con las paredes internas 80.

Cada una de las aletas 106 tiene una configuración que se estrecha desde la base ensanchada hacia una punta puntiaguda. Las aletas 106 de las filas superior e inferior 110, 112 de las aletas se estrechan a lo largo del ancho de la aleta medido en la dirección de la longitud de las patas 102, 104. Además, las aletas 106 de la fila superior 110 también se estrechan hacia la pared 62, 80 con la cual lindan.

Con referencia a la Figura 8, que ilustra la tapa 150 dada vuelta por conveniencia, la tapa tiene una configuración generalmente cuadrada con una pared superior cuadrada plana 152 y cuatro paredes laterales 154 que se extienden perpendicularmente desde la pared superior a lo largo de su periferia. Un elemento electrónico cilíndrico que cubre la pared 160 está ubicado en el

centro sobre la pared superior 152 se extiende perpendicularmente desde la pared superior. Una pluralidad de rebordes de refuerzo 162 se extiende desde la pared 160 radialmente hacia el exterior hacia las paredes laterales 154.

Cada de las paredes laterales 154 incluye una muesca generalmente en forma de V, ubicada en el centro 170 que tiene un perfil que iguala aquella de las paredes internas intersecadas 80 de cada uno de los cuadrantes 72. Las paredes internas 80 pueden por lo tanto se acoplan con las muescas 170 y de ese modo contribuyen a soportar la tapa 150 cuando se monta con la campana del balómetro 52. En el exterior de estas muescas 170, las paredes laterales 154 tienen partes del borde inferior 172 que incluyen una pluralidad de muescas con forma de dientes que definen una pluralidad de los dientes 174. Los dientes 174 se extienden a lo largo de la longitud de las partes de bordes inferiores 172 y tienen una configuración y forma similares a las filas inferiores 112 de las aletas 106 sobre los dispositivos que producen turbulencia 100. Las posiciones y la separación de los dientes 174 sobre las paredes laterales 154 de la tapa 150 coinciden con las partes 108 de las patas interiores 102 de los dispositivos que producen turbulencia 100 que no tienen las aletas 106.

El balómetro 50 también incluye instrumentos y elementos electrónicos para medir las condiciones asociadas con las

condiciones ambientales del ambiente y el flujo de aire a través del difusor 12. El balómetro 50 incluye sondas sensoras del flujo de aire 120 para detectar el flujo de aire a través de cada uno de los cuadrantes 72 de la campana del balómetro 52. Una sonda del flujo de aire 120 está posicionada en cada uno de los canales de descarga 90. En el ejemplo de realización de las Figuras 2-6, la sonda 120 entra en el canal de descarga 90 a través de las paredes del canal 92 en el lugar donde las paredes se intersecan. Para facilitar esto, el canal de descarga 90 se encaja con un soporte para sonda 122 que tiene partes que se enclavan con partes de acoplamiento de la sonda 122. La sonda 120 se extiende a través del soporte para sonda 122 y entra en el canal de descarga 90 a través de las paredes del canal intersecadas 92. La sonda 120 se extiende en un ángulo que divide en dos partes las paredes intersecadas 92 y está sostenido en su lugar por el soporte para sonda 122 de manera tal que una parte de extremo 124 de la sonda esté posicionada en el centro en la orientación correcta dentro del canal de descarga 90.

Las sondas sensoras del flujo de aire 120 pueden tener una variedad de configuraciones. En el ejemplo de realización divulgado en la presente, las sondas 120 comprenden sondas sensoras del flujo de aire del anemómetro de puntos calientes. Se podrían usar otras configuraciones de las sondas, tales como una sonda de monómetro.

Con referencia a la Figura 9, en el centro de la parte superior 60 de la campana 52 debajo de la tapa 150 están ubicados cuatro transductores de presión diferencial 130, uno por cada uno de los cuadrantes 72, para detectar la presión diferencial entre el aire que fluye a través de cada uno de los cuadrantes y el aire ambiente en el cual se descarga el flujo de aire. Para hacerlo, cada uno de los transductores de presión 130 tiene una puerta de presión en comunicación de fluidos con la presión del aire del canal de descarga 90 del cuadrante asociado 72 y una puerta en comunicación de fluidos (por ejemplo, a través de un tubo), con la presión del aire en el exterior de la campana del balómetro 52.

Los instrumentos de balómetro 50 también incluyen componentes sensores de temperatura para medir la temperatura del aire que fluye a través del balómetro. Los componentes sensores de temperatura pueden, por ejemplo, ser un elemento resistivo, por ejemplo, de tipo de termocupla. De acuerdo con un ejemplo, cuando las sondas de flujo de aire 120 incluyen anemómetros de puntos calientes, los elementos resistivos de los anemómetros solos también se pueden usar para medir la temperatura del flujo de aire. Alternativamente, se pueden emplear uno o más sensores de temperatura por separado.

Los transductores de presión 130 y las sondas de flujo de aire 120 están conectados en forma eléctrica con una unidad electrónica 132 que está montada sobre la campana del balómetro 52, en el centro debajo de la tapa. La unidad electrónica 132 incluye una placa de circuitos 1345 sobre la cual se pueden montar los transductores de presión 130. Alternativamente, los transductores de presión se pueden montar sobre la estructura del balómetro 50. La unidad electrónica 132 incluye diversos componentes electrónicos 136, tales como procesadores, componentes para comunicaciones (por ejemplo, Bluetooth), componentes acondicionadores de señales, circuitos de alimentación y de conexión a tierra, barras colectoras de comunicación y cualquier otro componente necesario para funcionar como se describe en la presente. Los transductores de presión 130 y las sondas de flujo de aire 120 se pueden conectar con la unidad electrónica 132, por ejemplo, a través de cables que se interconectan con enchufes hembra montados sobre la placa de circuitos 134. El balómetro 150 también incluye una fuente de alimentación 140 tal como una pila, que también está ubicada debajo de la tapa 150. La fuente de alimentación puede, por ejemplo, estar montada sobre la placa de circuitos 134, sobre un costado que es el mismo o está opuesto a aquel sobre el cual están montados los componentes electrónicos 136.

Con referencia a las Figuras 1 y 10, durante el funcionamiento, el usuario 30 posiciona el balómetro 50 sobre el difusor 12 usando el poste 20. La parte superior 60 de la campana del balómetro 52 recoge el aire descargado desde el difusor 12 y lo dirige hacia los cuadrantes 72. El aire dirigido hacia cada uno de los cuadrantes 72 atraviesa el canal de descarga 90 y pasa sobre las sondas de sensor. El usuario 30 activa el balómetro 50 mediante el gatillo 24 sobre la manija 22 y se mide la velocidad de flujo con las sondas de sensor 120.

La unidad electrónica 132 transmite las lecturas obtenidas de las sondas 120 en forma inalámbrica hacia el dispositivo inteligente 26. El dispositivo inteligente 26 recibe y procesa las lecturas y muestra datos relacionados con las lecturas para que el usuario los interprete. Dado que las lecturas de cada una de las sondas de sensor 120 están relacionadas con el flujo a través de un canal de descarga asociado 90, y porque el flujo de aire total se divide entre los canales de descarga, para el cálculo del flujo total a través del balómetro 50 se necesita la suma de los flujos a través de cada uno de los canales de descarga.

Dado que la posición de la sonda de sensor 120 en cada uno de los canales de descarga 90 es fija, es importante que el flujo volumétrico a través de cada uno de los canales de descarga sea

tan uniforme como sea posible de manera tal que se pueda obtener una medición precisa del flujo. Esto es cierto aún cuando el flujo de aire se distribuya de manera no uniforme a través de los cuatro cuadrantes 72. Siempre que el flujo volumétrico a través de cada uno de los canales de descarga 90 se distribuya de manera uniforme dentro del ese canal, la medición del flujo para ese cuadrante será precisa, como lo será también el flujo total calculado para el difusor 12.

Los difusores montados en el techo de VCAA comerciales pueden tener una variedad de configuraciones. Ejemplos de estas configuraciones de difusores se ilustran en las Figuras 11A-11J, que se resumen en la siguiente tabla.

<u>Figura</u>	<u>Configuración del Difusor</u>
11A	Difusor Cuadrado, de 4 Vías, de 3 Conos (12a)
11B	Difusor Cuadrado, de 4 Vías, de 2 Conos (12b)
11C	Difusor Cuadrado, de 4 Vías, de 5 Conos (12c)
11D	Difusor Cuadrado, de 3 Vías (12d)
11E	Difusor rectangular, de 3 Vías (12e)
11F	Difusor Cuadrado, de 2 Vías (12f)
11G	Difusor cuadrado de Placa, de Barra T (12g)
11H	Difusor de 2 Vías (12h)
11I	Difusor de 1 Vía (12i)
11J	Difusor Modular de 4 Vías (12j)

La configuración del difusor contribuye a indicar el patrón del flujo de aire en cualquier balómetro. La configuración del difusor también determina si el flujo de aire se distribuye de manera uniforme o no uniforme sobre el balómetro. La totalidad de los diseños de difusores ilustrados en las Figuras 11 A-11J dirigen el aire descargado en una dirección hacia el exterior y hacia abajo. Los difusores 12a-12c, 12g y 12j dirigen el aire en cuatro direcciones y teóricamente dirigirían el aire de manera

uniforme en términos de la dirección hacia la campana del balómetro. Los difusores 12d-12f dirigen el aire en tres direcciones y en consecuencia dirigirían el aire de manera uniforme a la campana del balómetro. Los difusores 12h y 12i dirigen el aire en dos direcciones y en una dirección, respectivamente y en consecuencia también dirigirían el aire de manera uniforme hacia la campana del balómetro.

El ensayo ha demostrado que, en los diseños convencionales de campanas de balómetros, el flujo volumétrico a través de la campana tiende a concentrarse a lo largo de los bordes o de las paredes laterales de la campana, mientras que una parte del aire circula nuevamente hacia el centro de la campana, principalmente en las regiones superiores de la campana. Según cuál sea la configuración del difusor (véase anteriormente), el flujo volumétrico puede no solamente concentrarse a lo largo de las paredes laterales, sino que también puede concentrarse en forma no uniforme a lo largo de las paredes laterales. Dado que las posiciones de los dispositivos para la medición del flujo en la campana convencional del balómetro se posicionan en lugares fijos en la campana, es fácil ver que la precisión del balómetro convencional queda algo librado al azar. Sabiendo esto, un experto en el arte puede apreciar que se puede cuestionar la precisión y la confiabilidad de los diseños convencionales del balómetro. Existe una necesidad de explicar estos problemas.

De acuerdo con la presente invención, el balómetro 50 está adaptado para contribuir a explicar estas deficiencias. Para hacerlo, el balómetro 50 está configurado para dividir el flujo de aire desde el difusor 12 hacia los cuadrantes 72 para confinar los flujos divididos a un espacio más manejable. Los dispositivos que producen turbulencia 100 de cada uno de los cuadrantes 72 interrumpen y mezclan el flujo de aire para producir un flujo volumétrico uniforme a través de cada uno de los canales de descarga 90. Una vez hecho esto, las mediciones del flujo de aire realizadas en cada uno de los canales de descarga 90 son precisas y producen un cálculo preciso del flujo de aire total a través del difusor.

Por ejemplo, en el ejemplo ilustrado en la Figura 10, el difusor 12 tiene una configuración cuadrada de 4 vías, de 3 conos y en consecuencia dirige el flujo de aire hacia las cuatro paredes laterales 62 de la campana del balómetro 52. Debido a esto, el flujo de aire volumétrico, si se lo dejara sin controlar, tendería a fluir a lo largo de las paredes laterales 62 hacia los canales de descarga 90. Al mismo tiempo, la parte del flujo de aire que no fluye a lo largo de las paredes laterales 62 se recoge y se canaliza hacia el canal de descarga 90 por la configuración inclinada, convergente de las paredes internas 80. A medida que el flujo de aire se dirige hacia el canal de descarga 90, sin embargo, los dispositivos que producen turbulencia 100

redirigen partes del flujo de aire, lo cual hace que se mezcle y se distribuya más uniformemente sobre el canal de descarga. Debido a que el flujo de aire se distribuye uniformemente sobre los canales 90, es mucho más probable que las partes pequeñas del flujo de aire de las que se toman muestras con las sondas del sensor 120 presenten una medición precisa del flujo de aire a través del canal de descarga 90.

La combinación de la división del flujo de aire desde el difusor 12 a los cuatro cuadrantes 72 y la mezcla del flujo de aire en cada uno de los cuadrantes a través de los dispositivos que producen turbulencia 100 contribuye a producir estos resultados. La precisión de del balómetro 50 se puede ver afectada por la magnitud de la resistencia del flujo de aire, o la contrapresión, que se introduce colocando el balómetro en la corriente de aire. Hablando en general, cuanto más baja sea la contrapresión introducida por la presencia del balómetro 50, mejor. Mezclar adecuadamente el flujo a través de un solo canal de flujo de una campana de balómetro convencional requiere un alto grado de mezcla y sin embargo puede no derivar en una distribución uniforme del flujo. De hecho, la magnitud de la mezcla del flujo necesaria para producir un flujo uniforme a través del balómetro convencional crearía posiblemente interrupciones del flujo de aire de una magnitud tan alta que surgiría una contrapresión indeseablemente alta.

Ventajosamente, la campana del balómetro 52 de la presente invención evita este problema en primer lugar dividiendo el flujo de aire en los cuadrantes 72 de un espacio más manejable. En los cuadrantes 72, se minimiza la cantidad de la interrupción del flujo necesitaba mezclar y distribuir adecuadamente el flujo de aire sobre los canales de descarga 90. Por lo tanto, el tamaño de las aletas del dispositivo que produce turbulencia 106 y la magnitud de la interrupción del flujo de aire dentro de los canales 90, se puede mantener al mínimo, que contribuye a minimizar la cantidad de contrapresión creada por el balómetro 50.

Además, la diferencia fundamental en la forma en la cual se realizan cálculos en el balómetro convencional comparado con el balómetro 50 de la presente invención, facilita esta funcionalidad mejorada. Las campanas de balómetros convencionales promedian mediciones del flujo de aire realizadas desde una matriz de elementos distribuidos sobre la campana. El balómetro 50, sin embargo, suma los flujos de aire individuales medidos en cada canal de la campana dividida. Debido a esto, el balómetro 50 de la presente invención no se basa en el flujo de aire que se está dirigiendo desde el difusor en la campana del balómetro en la misma medida que los balómetros convencionales.

Las diferentes configuraciones de los difusores (véanse las Figuras 11A-11J) son de escasa o ninguna consecuencia para la capacidad del balómetro 50 para proveer mediciones precisas del flujo de aire. En una configuración convencional del balómetro, una configuración no uniforme del difusor podría sobrecargar determinadas regiones de la campana del balómetro, lo cual crea caminos de flujo volumétrico que puede o no explicarse en la medición promediada. Este no es el caso del balómetro 50 de la presente invención.

Debido a que el balómetro 50 se divide en los cuadrantes 72 y se basa en la suma del flujo de aire medido a través de cada uno de los cuadrantes a diferencia del promedio del flujo sobre la campana completa, no existe ninguna preocupación sobre una configuración del difusor particular que produce un desequilibrio en determinadas regiones del balómetro. Esto se debe a que cada uno de los cuadrantes 72, el flujo de aire se canaliza hacia el canal de descarga 90 y se mezcla con los dispositivos que producen turbulencia 100 para asegurar que la distribución uniforme del flujo de aire a través del canal. Dado que cada uno de los cuadrantes se mide por separado, las varianzas de los flujos entre los cuadrantes señalan el nivel del desequilibrio sobre el difusor 12. Esto puede deberse, por ejemplo, a un codo que conduce al difusor 12 y el sistema puede compensar cualquier imprecisión asociada con el nivel de

desequilibrio. La medición del flujo de aire para cada uno de los cuadrantes 72 es precisa y, en consecuencia, también el sistema 10 mide el flujo de aire total. Las campanas de flujo de aire tradicionales usan un promedio del tubo de Pitot con una medición de la presión diferencial de la señal, de manera tal que no puedan ni detectar estos desequilibrios ni compensarlos.

Para mejorar más la precisión del sistema 10, la aplicación implementada por el dispositivo inteligente 26 se puede adaptar para compensar diferentes reflujos realizados por el balómetro para las diferentes configuraciones del difusor y el sistema de VCAA en ensayo. Para hacerlo, los factores de compensación se pueden determinar a través del ensayo de banco del flujo de aire. El banco de flujo de aire puede estar configurado para descargar aire a una velocidad de flujo volumétrica conocida a través de cada una de diversas configuraciones de difusores. La velocidad de flujo conocida se puede comparar con la velocidad de flujo medida a través del balómetro 50 y se puede usar el error para generar un factor de compensación que se programa en la aplicación del dispositivo inteligente. El ensayo se puede repetir para establecer la confiabilidad y también para tomar en cuenta otros factores, tales como la compensación de todos los codos en los conductos que conducen al difusor y la distancia entre el codo y el difusor.

La totalidad de estos factores se puede programar en la aplicación inteligente. En uso, el usuario 30 simplemente selecciona a través de la aplicación en el dispositivo inteligente 26 el tipo de difusor y cualquier información adicional tal como la distancia desde el codo, a través de la interfaz de gráfica de usuario (IGU) de la aplicación. La aplicación toma en cuenta estos factores aplicando el factor de compensación apropiado para las lecturas obtenidas desde los sensores 120.

Además, la implementación de la aplicación del dispositivo inteligente permite mayores eficiencias, tales como un algoritmo de equilibrio predictivo que indica al usuario 30 cuáles flujos (es decir, cuáles difusores 12) medir, en qué orden y de qué manera ajustar las compuertas de tiro sobre cada difusor para obtener el equilibrio del sistema. Para hacerlo, se le puede preguntar al usuario 30 para que ingrese información del sistema de VCAA a través de la IGU, tal como el número y el tipo de difusores 12 en un ambiente dado o para un ramal dado del sistema de VCAA e información acerca del codo para cada uno de los difusores. Dada esta información, el dispositivo inteligente 26 que corre la aplicación puede darle al usuario 30 instrucciones paso por paso acerca de la manera de equilibrar el sistema en la forma más precisa y eficiente de tiempo.

Para ilustrar la eficacia del sistema 10, las Figuras 12 A-12D comparan y contrastan los patrones de flujo y los vectores de velocidad obtenidos a través de un modelo de dinámica de los fluidos por computadora (DFC) de una campana de flujo del arte previo (Figuras 12A-12B) comparada con el balómetro 50 (Figuras 12C-D). En las Figuras 12A-12D, el modelo de DFC ilustra el flujo de aire con flechas de vectores. La dirección en la cual las flechas de vectores apuntan es la dirección del flujo de aire del modelo. El tamaño de las flechas de vectores indica la velocidad del flujo de aire. La densidad de las flechas de vectores en cualquier área particular indica la densidad o la concentración del flujo de aire del modelo en esa área.

Con referencia a la Figura 12A, la campana de flujo de aire convencional H está posicionada arriba de un difusor cuadrado, de 4 vías, de 3 conos (véase la Figura 11A). En este ejemplo, el flujo de aire está concentrado a lo largo de las paredes exteriores W de la campana H, en las áreas indicadas en general en A en la Figura 12A. En estas áreas A, el flujo de aire concentrado fluye a lo largo de las paredes W hacia la garganta T de la campana de flujo de aire H. además, en una región central de la campana, en el área indicada generalmente en G, el flujo de aire está menos concentrado, pero sin embargo fluye hacia la garganta T. En una región superior de la campana, en las áreas indicadas generalmente en C, el flujo de aire tiende a recircular

o arremolinarse, como lo indican las flechas arremolinadas y que apuntan hacia arriba del modelo de DFC. En la garganta T o cerca de ella, el flujo está altamente concentrado a lo largo de las paredes W, como lo indica la colección de flechas densas, oscuras, en las áreas indicadas generalmente en C.

A partir de esto, se apreciará que, para la campana de flujo de aire convencional Sobre el difusor cuadrado, de 4 vías, de 3 conos 12a, el remolino en la región central superior C de la campana deriva en el flujo de aire volumétrico a lo largo de las paredes W todo a lo largo y a través de la garganta T, con bajas concentraciones del flujo de aire a través de la parte central B de la campana. Es improbable que el promedio del manómetro de tubo de Pitot, destinado a medir las velocidades promedio sobre la campana, mida con precisión la velocidad del patrón del flujo de aire altamente no uniforme ilustrado en la Figura 12A.

Además, el remolino y la recirculación en la región superior C de la campana H inhibe el flujo a través del registro 12a, que produce un aumento en la contrapresión del sistema de VCAA. La contrapresión aumentada reduce el flujo a través del registro 12a y a través de la campana de flujo de aire H. Por lo tanto, no solamente la campana de flujo de aire convencional H tiene patrones de flujo no uniformes a través de la campana, sino que también tiene el flujo reducido que deriva de su uso. En

consecuencia, la precisión y la capacidad de repetición de las mediciones obtenidas a través de la campana de flujo de aire convencional H son cuestionables.

Estos problemas existen también con el uso de la campana de flujo de aire convencional para otros tipos de registros. Con referencia a la Figura 12B, la campana de flujo de aire convencional H está posicionada sobre un difusor cuadrado de una vía 12h (véase la Figura 11I). En este ejemplo, el flujo de aire se concentra a lo largo la pared exterior W de la campana H hacia la cual el difusor de una vía dirige el aire, como se muestra en el área indicada generalmente en A en la Figura 12B. Como se indica generalmente en B, hay un área con un flujo de aire menos concentrado hacia la garganta T, pero esta área es pequeña e irregular. Como se indica generalmente en C, hay muchas áreas donde tienen lugar el remolino y la recirculación. Como se indica generalmente en D, en la garganta T o cerca de ella, el flujo de aire está altamente concentrado a lo largo de las paredes W, especialmente la pared a lo largo de la cual ocurre el flujo de aire volumétrico A.

A partir de esto, se apreciará que el difusor cuadrado, de una vía 12a dirige el flujo de aire volumétrico a lo largo de una pared W de la campana de flujo de aire convencional H y también produce un alto nivel de remolino y recirculación en toda la

campana. En esta situación, es poco probable que el promedio del manómetro de tubo de Pitot mida con precisión la velocidad del patrón del flujo de aire altamente no uniforme ilustrado en la Figura 12B y que el alto nivel de remolino y recirculación aumente la contrapresión, que reduce el flujo a través de la campana de flujo de aire H. nuevamente, la precisión y la capacidad de repetición de las mediciones obtenidas a través de la campana de flujo de aire convencional H en consecuencia son cuestionables.

Comparando las Figuras 12A y 12B, es fácil ver que sería difícil que la campana de flujo de aire convencional H provea mediciones precisas y confiables del flujo de aire, dada la diferencia en los perfiles de flujo y las contrapresiones producidas por diversas configuraciones del difusor. El balómetro 50 de la presente invención resuelve estos problemas.

Las Figuras 12C y 12D ilustran modelos de DFC para el balómetro 50 implementado en situaciones que corresponden a aquellas ilustradas en las Figuras 12A y 12B, respectivamente. Como se muestra en las Figuras 12C y 12D, la presencia de la campana 150 coordina el flujo en la parte superior 60 de la campana de balómetro 52, que inhibe o impide el remolino y la recirculación. La campana 150 dirige el flujo de aire coordinado lateralmente

hacia los cuadrantes 72, que luego dirigen el flujo de aire a través de los canales de descarga 90.

En el caso del registro de 4 vías 12a (Figura 12C), el flujo de aire se descarga en la campana del balómetro 52 a velocidades sustancialmente iguales hacia los cuatro cuadrantes 72. A lo largo de las paredes exteriores de la campana del balómetro 52, el flujo de aire sí tiende a concentrarse, como lo indica generalmente la región identificada en F en la Figura 12C, pero la presencia de los dispositivos que producen turbulencia 100 introducen una turbulencia que mezcla el flujo que entra en los canales de descarga 90. Como se muestra en la Figura 12C, los vectores del flujo de aire en los canales de descarga 90 tienen una magnitud, dirección y densidad uniforme en las diversas regiones de la campana del balómetro 52. Existe escaso, si existe alguno, remolino o recirculación en la campana 52 y el flujo en los canales de descarga 90 es altamente uniforme. Las sondas de sensor (no se muestran), ubicadas en los canales de descarga 90, en consecuencia, producirían mediciones sustancialmente iguales que se pueden sumar para calcular el flujo de aire a través del balómetro 50. El balómetro 50 produce mediciones precisas y esas mediciones precisas producirían cálculos precisos y repetibles del flujo de aire.

El registro de una vía 12i (Figura 12D) no afecta significativamente la precisión del balómetro 50. El flujo de

aire se descarga en la campana del balómetro 52 a velocidades desiguales, sesgadas hacia una de las paredes y dos de los cuadrantes 72 (uno de los cuales se muestra en la Figura 12D). El flujo de aire en consecuencia se distribuye de manera desigual en los canales de descarga 90. A lo largo de las paredes exteriores de la campana del balómetro 52 sobre el lado fuerte del difusor 12, el flujo de aire tiende a concentrarse, como lo indican generalmente las regiones identificadas en F en la Figura 12D. Además, sobre este lado, hay alguna recirculación debajo de la campana 150, como lo indican generalmente las regiones identificadas en F en la Figura 12D. La presencia de los dispositivos que crean turbulencia 100, sin embargo, introducen una turbulencia que mezcla el flujo que entra en los canales de descarga 90. El flujo en cada uno de los canales de descarga 90, nuevamente, es sustancialmente uniforme, aún cuando sea desigual. Las sondas de sensor (no se muestran), ubicadas en los canales de descarga 90, producirían mediciones que, si bien no son iguales, son precisas y esas mediciones precisas producirían cálculos precisos y repetibles del flujo de aire.

A partir de la descripción precedente de la invención, los expertos en el arte percibirán mejoras, cambios y modificaciones. Estas y otras de tales mejoras, cambios y modificaciones dentro del conocimiento del arte están destinadas a estar cubiertas por las reivindicaciones adjuntas.