

VENTILADOR CON DUCTO MEJORADO

La presente invención se relaciona con un ventilador axial canalizado. Esta expresión se refiere en el presente documento y en lo sucesivo a un ventilador axial que tiene un diámetro D_r superior a 0,5 metros, preferiblemente superior a 1 metro.

En el campo industrial, se conoce el uso de ventiladores axiales, normalmente para asegurar un flujo de aire adecuado alrededor de superficies radiantes especiales, en implantes que requieren la disipación de cantidades importantes de calor.

Los ventiladores axiales, por ejemplo, para uso industrial, comprenden normalmente un núcleo central que define un eje de rotación y en el que se monta una pluralidad de aspas. La rotación del núcleo hace girar las aspas y, como comprenderá el experto, impone diferentes velocidades tangenciales para las diferentes secciones de cada aspa. De hecho, la velocidad tangencial de cada sección del aspa es el producto de la velocidad angular (que es la misma para todas las secciones) y la distancia radial con respecto al eje de rotación (que aumenta alejándose del eje de rotación).

Por esta razón, como es conocido por el experto en la materia, las aspas del ventilador axial no pueden funcionar eficazmente a lo largo de todo el tramo radial de las mismas. La velocidad tangencial de las secciones radialmente más internas del aspa es a menudo demasiado baja para lograr un movimiento relativo efectivo con respecto al flujo de aire. De ello se deduce que el funcionamiento real del ventilador se confía principalmente a las secciones radialmente externas que garantizan casi todo el flujo de aire total generado por el ventilador axial.

Como comprenderá el experto en la materia, tal distribución del flujo hace que el ventilador axial en su conjunto no sea muy eficiente. Si bien se han propuesto algunas soluciones técnicas para aprovechar mejor las secciones radialmente internas de las aspas, también existe la necesidad de mejorar la eficiencia de las secciones radialmente externas. De una manera conocida per se, de hecho, las secciones externas están sujetas a efectos de punta que limitan su eficacia. Como ya se mencionó, dado que la mayor parte del flujo es generado precisamente por las porciones radialmente externas, incluso una pequeña ineficiencia en términos porcentuales en esta área da como resultado una gran ineficiencia en términos absolutos para todo el ventilador.

A lo largo de las porciones intermedias de una superficie aerodinámica, ya sea un ala o, como en este caso, un aspa de ventilador, la zona de aire de alta presión y la zona de aire de baja presión están físicamente separadas entre sí por la presencia del aspa en sí. En la punta del aspa, esta separación deja de existir y por tanto se genera espontáneamente un flujo de aire que tiende a desplazarse de la zona de alta presión a la zona de baja presión. De esta forma se genera un vórtice de punta que induce una resistencia importante al avance del aspa en el aire.

Una primera solución propuesta para este tipo de problemas fue la canalización del ventilador, confinándolo así dentro de una cubierta con un diámetro ligeramente mayor que el diámetro exterior del propio ventilador. Esta cubierta se denomina en adelante como ducto.

Con la adición del ducto, las dimensiones de los vórtices de punta se reducen significativamente y, en consecuencia, se reducen las cantidades de aire que se mueven mediante estos vórtices y, por lo tanto, la resistencia inducida. Sin embargo, como bien comprenderá el experto en la materia, no sólo es imposible poner a cero la distancia entre la punta de las aspas y el diámetro interior del

ducto, sino que dicha distancia ni siquiera puede reducirse más allá de un cierto límite. De hecho, cualquier contacto entre el ducto y las puntas de las aspas debe evitarse de la manera más absoluta y debe proporcionarse una distancia segura para este propósito. Por tanto, debido a su tamaño y al coste que tienen que mantener, las aspas no se pueden fabricar con tolerancias de precisión. Además, las aspas pueden estar sometidas a fenómenos vibratorios y pueden deformarse durante el funcionamiento. Incluso en presencia de un ducto óptimo, los vórtices de punta no pueden eliminarse.

Otra solución, tomada de la aeronáutica, es proporcionar una superficie accesoria, llamada dispositivo de punta alar o *winglet*, en la punta de cada aspa. En primer lugar, el *winglet* tiene la función de constituir un deflector que se opone al movimiento del aire, contrarrestando así la formación del vórtice de punta. Además, dependiendo de las formas adoptadas, el *winglet* también puede afectar el vórtice de punta residual, optimizándolo y limitando así la formación de ruido.

Estas soluciones, aunque muy apreciadas, no están exentas de inconvenientes. De hecho, a pesar de la disposición del ducto y los *winglets*, posiblemente también de forma complementaria, la formación de los vórtices de punta sigue siendo en cierta medida inevitable. Por tanto, la eficacia de los ventiladores axiales sigue siendo limitada. Por consiguiente, el objeto de la presente invención es superar los inconvenientes subrayados anteriormente con respecto al arte previo.

En particular, una tarea de la presente invención es proporcionar un ventilador axial canalizado que tenga una eficiencia mejorada.

Además, es una tarea de la presente invención proporcionar un ventilador axial canalizado que limite la formación de vórtices de punta más que los ventiladores de tipo conocido.

Además, es una tarea de la presente invención proporcionar un ventilador axial canalizado que, además de introducir ventajas adicionales, también mantiene las ventajas ya obtenidas de los ventiladores de tipo conocido.

Dicho objeto y tareas se consiguen mediante un ventilador axial canalizado según la reivindicación 1.

Para comprender mejor la invención y apreciar sus ventajas, algunas de sus realizaciones de ejemplo y no limitantes se describen a continuación con referencia a los dibujos adjuntos, en los que:

- la figura 1 representa esquemáticamente una vista en planta de un ventilador según la presente invención;
- la figura 2 representa esquemáticamente una vista ampliada del detalle al que se hace referencia como II en la figura 1;
- la figura 3 representa esquemáticamente una vista en sección realizada a lo largo de la línea III-III de la figura 2;
- la figura 4.a representa esquemáticamente una vista en sección realizada a lo largo de la línea IV-IV de la figura 3;
- las figuras 4.b a 4.n representan esquemáticamente vistas de algunas secciones alternativas, similares a las de la figura 4.a;

- la figura 5 representa una vista en perspectiva parcialmente inferior de un ventilador según la invención;
- la figura 6 representa una vista en perspectiva de un ventilador según la invención, en donde el ducto se retiró parcialmente para mayor claridad;
- la figura 7 representa una vista en planta de otro ventilador según la invención;
- la figura 8 representa una vista en sección realizada a lo largo de la línea VIII-VIII de la figura 7;
- la figura 9 representa una vista en sección realizada a lo largo de la línea IX-IX de la figura 7;
- la figura 10 representa una vista en perspectiva de parte de un ducto de ventilador según la invención;
- la figura 11 representa una vista ampliada del detalle al que se hace referencia como XI en la figura 10;
- la figura 12 representa una aeronave que comprende un rotor canalizado según la invención;
- la figura 13 representa una vista ampliada del detalle al que se hace referencia como XIII en la figura 12;
- la figura 14 representa esquemáticamente una vista ampliada del detalle al que se hace referencia como XIV en la figura 13; y
- las figuras 15 representan una vista en sección realizada a lo largo de la línea XV-XV de la figura 14, en tres configuraciones diferentes.

En el contexto de la presente discusión, se han adoptado algunas convenciones terminológicas para hacer la lectura más fácil y fluida. Estas convenciones terminológicas se aclaran a continuación con referencia a las figuras adjuntas.

El término “ducto” en lo sucesivo se refiere a la pared lateral o cubierta, generalmente cilíndrica, que rodea el ventilador canalizado creando un canal dentro del cual se restringe el flujo de aire.

El ventilador según la invención está destinado a crear un flujo de aire dirigido desde una zona de entrada (abajo en los dibujos adjuntos) a una zona de salida (arriba en los dibujos adjuntos). Por lo tanto, se entiende que en relación con la dirección del flujo (indicada con a en los dibujos) los términos “ascendente”, “precedente” y similares, con respecto a los términos “descendente”, “siguiente” y similares, están inequívocamente definidos.

Los términos “convergente” y “divergente” también deben interpretarse en relación con la dirección del flujo a.

Dado que el ventilador según la invención define unívocamente un eje de rotación X, en relación con este eje se definen los términos “axial”, “radial”, “tangencial” y “circunferencial”.

A continuación, se describen cantidades “ligeramente” diferentes. El adverbio “ligeramente” pretende indicar diferencias dentro del 10 % de la cantidad más alta entre los dos, preferiblemente dentro del 5 % de la cantidad más alta entre los dos.

La invención se relaciona con un ventilador axial canalizado, indicado a continuación en su conjunto con 20. El ventilador 20 comprende:

- un rotor 22 que puede girar alrededor de un eje X y que comprende una pluralidad de aspas 24; y
- un ducto 26 adecuado para definir un canal de sección circular 28 que se desarrolla en una dirección axial alrededor del rotor 22.

En el ventilador 20 según la invención, el ducto 26 comprende un asiento anular 30 que se extiende circunferencialmente alrededor del rotor 22; y las puntas de las aspas 24 están alojadas al menos parcialmente en el asiento anular 30 del ducto 26.

Es decir, en el asiento anular 30, el diámetro exterior D_r del rotor 22 es mayor que el diámetro interior D_s del asiento anular 30 (véase, por ejemplo, la figura 9).

A modo de ejemplo, el diámetro exterior D_r del rotor 22 es superior a 0,5 metros, preferiblemente superior a 1 metro.

Preferiblemente, el rotor 22 del ventilador 20 comprende un núcleo 23 que define el eje de rotación X. Se monta una pluralidad de aspas 24 en el núcleo 23. Preferiblemente, las aspas 24 se hacen estructuralmente independientes del núcleo 23 y posteriormente se montan en el núcleo 23 para poder variar el paso de acuerdo con las necesidades específicas de diseño. Preferiblemente, las aspas 24 se montan sobre el núcleo 23 mediante pernos (véase, por ejemplo, la figura 6).

Preferiblemente, al menos un aspa 24 del ventilador 20 comprende un *winglet* de punta 32, también denominado simplemente *winglet* 32. El *winglet* 32 es un dispositivo conocido per se que está dispuesto en la punta de las aspas 24 para reducir su ruido y reducir la resistencia inducida por la formación de vórtices de punta. Preferiblemente, el *winglet* 32 tiene un deflector 34 que se extiende al menos parcialmente en la dirección axial. De manera ventajosa, el desarrollo principal del deflector 34 del *winglet* 32 sigue una superficie definida por la dirección axial y la dirección circunferencial o tangencial.

Un ducto del tipo conocido tiene una forma cilíndrica circular al menos en el segmento axial que comprende el rotor. Además, de una manera conocida per se, el ducto tiene un diámetro interior ligeramente mayor que el diámetro exterior del rotor relativo.

El ducto 26 según la invención, y en particular el asiento anular 30 del mismo, pueden adoptar diferentes configuraciones, dependiendo de las realizaciones.

De acuerdo con algunas realizaciones, el ducto 26 tiene una forma cilíndrica circular en el segmento axial que comprende el rotor 22 y tiene un diámetro interior D_d ligeramente mayor que el diámetro exterior D_r del rotor 22. De acuerdo con otras realizaciones, el ducto 26 tiene una forma cilíndrica circular y en el segmento inmediatamente ascendente del rotor 22 tiene un diámetro interior ligeramente menor que el diámetro exterior D_r del rotor 22. En estas realizaciones, el ducto 26 se interrumpe posteriormente cerca del rotor 22, donde está dispuesto el asiento anular 30. En este caso, en la parte ascendente del rotor 22, el diámetro interior del ducto 26 coincide con el diámetro interior D_s del asiento anular 30. En la parte descendente del rotor 22, en algunas realizaciones, el ducto 26 asume un diámetro interior D_d ligeramente mayor que el diámetro exterior del rotor 22,

mientras que en otras realizaciones el ducto 26 nuevamente asume un diámetro interior D_s ligeramente menor que el diámetro exterior del rotor 22.

De acuerdo con algunas realizaciones, el ducto 26 tiene una forma cilíndrica circular y en el segmento inmediatamente ascendente del rotor 22 y en correspondencia con el rotor 22 (es decir, donde está dispuesto el asiento anular 30) tiene un diámetro interior D_d ligeramente mayor que el diámetro exterior D_r del rotor 22. En ciertas de tales realizaciones, el ducto 26 continúa en la parte descendente del rotor 22 con un diámetro interior ligeramente menor que el diámetro exterior del rotor 22. En este caso, en la parte descendente del rotor 22, el diámetro interior del ducto 26 coincide con el diámetro interior D_s del asiento anular 30.

De acuerdo con algunas realizaciones, el asiento anular 30 comprende una superficie de suavizado aerodinámico 36. Por ejemplo, el asiento anular 30 puede comprender una superficie de suavizado aerodinámico convergente 36c, preferiblemente dispuesta inmediatamente en la parte ascendente del rotor 22. Alternativa o adicionalmente, el asiento anular 30 puede comprender una superficie de suavizado aerodinámico divergente 36d, preferiblemente dispuesta inmediatamente en la parte descendente del rotor 22.

De acuerdo con algunas realizaciones, la superficie de suavizado aerodinámico 36 (convergente 36c y/o divergente 36d) determina un estrechamiento en el canal 28 definido por el ducto 26.

De acuerdo con algunas realizaciones, el asiento anular 30 está abierto en la dirección axial. Por ejemplo, el asiento anular 30 puede estar abierto axialmente en la parte ascendente (es decir, hacia la zona de entrada) o descendente (es decir, hacia la zona de salida).

De acuerdo con algunas realizaciones, el asiento anular 30 está abierto radialmente hacia el interior del ducto 26. Preferiblemente, el asiento anular 30 se extiende en la dirección axial ascendente y/o descendente.

De acuerdo con algunas realizaciones, el asiento anular 30 se desarrolla globalmente fuera del ducto 26, mientras que en otras realizaciones el asiento anular 30 se desarrolla globalmente dentro del ducto 26.

De acuerdo con algunas realizaciones, al menos un aspa 24 del ventilador 20 comprende un *winglet* de punta 32 que tiene un deflector 34 que se extiende en la dirección axial. Por ejemplo, el deflector 34 del *winglet* 32 puede extenderse axialmente en la parte ascendente, descendente o en ambos sentidos. Preferiblemente, cada aspa 24 comprende un *winglet* 32.

El *winglet* 32 puede adoptar diferentes formas. La figura 6 muestra, por ejemplo, un rotor 22 que comprende *winglets* 32 de tipo conocido, cuyo deflector 34 tiene una extensión bastante pequeña en la dirección axial. Otras conformaciones del *winglet* 32 se muestran en las figuras 3 y 8. En estos casos, se observa que la extensión axial ascendente del *winglet* 32 es mayor y más ancha en la dirección tangencial (es decir, a lo largo de la cuerda del plano aerodinámico del aspa 24). En el ventilador 20 según la invención, este tipo de *winglet* 32 con mayor extensión axial permite un mayor enganche del asiento anular 30.

En determinadas realizaciones, el ducto 26 del ventilador 20 según la invención comprende una boca convergente 38. De una manera conocida per se, la boca convergente 38 está definida en el

extremo ascendente del ducto 26 y tiene la función de recibir el flujo de aire en la zona de entrada y transportarlo suavemente al rotor 22. En las realizaciones de las figuras 5, 6 y 8-11, la boca convergente 38 está definida de una manera conocida per se por la pared del propio ducto 26. De acuerdo con otras realizaciones esquemáticas, por ejemplo, en las figuras 4.k y 4.1, la boca convergente 38 está definida por un saliente ascendente de la superficie de suavizado aerodinámico 36, en particular de la superficie de suavizado aerodinámico convergente 36c.

En la realización que se muestra esquemáticamente en la figura 4.a, el ducto 26 tiene una forma cilíndrica circular en el segmento axial que comprende el rotor 22 y tiene un diámetro interior D_d ligeramente mayor que el diámetro exterior D_r del rotor 22. En tal realización, el asiento anular 30 se obtiene así de un ducto tradicional 26 al añadir una superficie de suavizado aerodinámico 36. En particular, se dispone una superficie de suavizado aerodinámico convergente 36c, inmediatamente en la parte ascendente del rotor 22. La superficie de suavizado aerodinámico convergente 36c provoca así un estrechamiento en el canal 28 incluido en el ducto 26, de manera que el diámetro interior D_s del asiento anular 30 es ligeramente menor que el diámetro exterior D_r del rotor 22. Debido a la forma de la superficie de suavizado aerodinámico convergente 36c, el asiento anular 30 está axialmente abierto en la parte descendente. El aspa 24 incluye un *winglet* de punta 32 con un deflector 34 que se extiende axialmente en la parte ascendente y se recibe en el asiento anular 30.

En la realización que se muestra esquemáticamente en la figura 4.b, el ducto 26 tiene una forma cilíndrica circular y en el segmento inmediatamente ascendente del rotor 22 tiene un diámetro interior ligeramente menor que el diámetro exterior D_r del rotor 22. En este caso, en la parte ascendente del rotor 22, el diámetro interior del ducto 26 coincide con el diámetro interior D_s del asiento anular 30. El ducto 26 se detiene entonces cerca del rotor 22, donde está dispuesto el asiento anular 30, y continúa en correspondencia y en la parte descendente del rotor 22 con un diámetro interior D_d ligeramente mayor que el diámetro exterior D_r del rotor 22. Debido a la forma del ducto 26, el asiento anular 30 está axialmente abierto en la parte descendente. El aspa 24 incluye un *winglet* de punta 32 con un deflector 34 que se extiende axialmente en la parte ascendente y se recibe en el asiento anular 30.

La realización que se muestra esquemáticamente en la figura 4.c es muy similar a la de la figura 4.a, a cuya descripción se hace referencia. Además, en esta realización se dispone una superficie de suavizado aerodinámico divergente 36d, inmediatamente en la parte descendente del rotor 22. El asiento anular 30 resultante se desarrolla globalmente dentro del canal 28 del ducto 26. Tal asiento anular 30 está abierto en la dirección radial hacia el interior y se extiende en la dirección axial en la parte descendente y ascendente. El aspa 24 incluye un *winglet* de punta 32 con un deflector 34. La punta del aspa 24 se recibe radialmente en el asiento anular 30 y el deflector 34 del *winglet* 32 se extiende axialmente en la parte descendente y ascendente dentro del asiento anular 30.

En la realización que se muestra esquemáticamente en la figura 4.d, el ducto 26 tiene una forma cilíndrica circular en el segmento axial que comprende el rotor 22 y tiene un diámetro interior D_d ligeramente mayor que el diámetro exterior D_r del rotor 22. En tal realización, el asiento anular 30 se obtiene así de un ducto tradicional 26 al añadir una superficie de suavizado aerodinámico 36. En particular, se dispone una superficie de suavizado aerodinámico divergente 36d, inmediatamente en la parte descendente del rotor 22. La superficie de suavizado aerodinámico divergente 36d provoca así un estrechamiento en el canal 28 incluido en el ducto 26, de manera que el diámetro

interior D_s del asiento anular 30 es ligeramente menor que el diámetro exterior D_r del rotor 22. Debido a la forma de la superficie de suavizado aerodinámico divergente 36d, el asiento anular 30 está axialmente abierto en la parte ascendente. El aspa 24 incluye un *winglet* de punta 32 con un deflector 34 que se extiende axialmente en la parte descendente y se recibe en el asiento anular 30.

En la realización que se representa esquemáticamente en la figura 4.e, el ducto 26 tiene una forma cilíndrica circular y en el segmento inmediatamente ascendente e inmediatamente descendente del rotor 22 tiene un diámetro interior ligeramente menor que el diámetro exterior D_r del rotor 22. En este caso, el diámetro interior del ducto 26 coincide con el diámetro interior D_s del asiento anular 30. Posteriormente, el ducto 26 se interrumpe cerca del rotor 22, donde está dispuesto el asiento anular 30. El asiento anular 30 resultante se desarrolla globalmente fuera del canal 28 del ducto 26. Tal asiento anular 30 está abierto en la dirección radial hacia el interior y se extiende en la dirección axial en la parte descendente y ascendente. El aspa 24 incluye un *winglet* de punta 32 con un deflector 34. La punta del aspa 24 se recibe radialmente en el asiento anular 30 y el deflector 34 del *winglet* 32 se extiende axialmente en la parte descendente y ascendente dentro del asiento anular 30.

En la realización que se representa esquemáticamente en la figura 4.f, el ducto 26 asume una forma similar a la obtenida al invertir el ducto 26 de la figura 4.b. El ducto 26 tiene una forma cilíndrica circular y en el segmento inmediatamente ascendente del rotor 22 y en correspondencia con el rotor 22, donde está dispuesto el asiento anular 30, tiene un diámetro interior D_d ligeramente mayor que el diámetro exterior D_r del rotor 22. El ducto 26 continúa en la parte descendente del rotor 22 con un diámetro interior ligeramente menor que el diámetro exterior del rotor 22. En este caso, en la parte descendente del rotor 22, el diámetro interior del ducto 26 coincide con el diámetro interior D_s del asiento anular 30. Debido a la forma del ducto 26, el asiento anular 30 está axialmente abierto en la parte ascendente. El aspa 24 incluye un *winglet* de punta 32 con un deflector 34 que se extiende axialmente en la parte descendente y se recibe en el asiento anular 30.

La realización que se muestra esquemáticamente en la figura 4.g es muy similar a la de la figura 4.f, a cuya descripción se hace referencia. Además, en esta realización se dispone una superficie de suavizado aerodinámico convergente 36c, inmediatamente en la parte ascendente del rotor 22. El asiento anular 30 resultante está abierto en la dirección radial hacia el interior y se extiende en la dirección axial en la parte descendente y ascendente. El aspa 24 incluye un *winglet* de punta 32 con un deflector 34. La punta del aspa 24 se recibe radialmente en el asiento anular 30 y el deflector 34 del *winglet* 32 se extiende axialmente en la parte descendente y ascendente dentro del asiento anular 30.

La realización que se muestra esquemáticamente en la figura 4.h es muy similar a la de la figura 4.b, a cuya descripción se hace referencia. Además, en esta realización se dispone una superficie de suavizado aerodinámico divergente 36d, inmediatamente en la parte descendente del rotor 22. El asiento anular 30 resultante está abierto en la dirección radial hacia el interior y se extiende en la dirección axial en la parte descendente y ascendente. El aspa 24 incluye un *winglet* de punta 32 con un deflector 34. La punta del aspa 24 se recibe radialmente en el asiento anular 30 y el deflector 34 del *winglet* 32 se extiende axialmente en la parte descendente y ascendente dentro del asiento anular 30.

La realización que se muestra esquemáticamente en la figura 4.i es muy similar a la de la figura 4.c, a cuya descripción se hace referencia. En esta realización, sin embargo, el aspa 24 no comprende ningún *winglet* de punta 32. La punta del aspa 24 se recibe radialmente en el asiento anular 30.

La realización que se muestra esquemáticamente en la figura 4.j es muy similar a la de la figura 4.e, a cuya descripción se hace referencia. En esta realización, sin embargo, el aspa 24 no comprende ningún *winglet* de punta 32. La punta del aspa 24 se recibe radialmente en el asiento anular 30.

En la realización que se muestra esquemáticamente en la figura 4.k, el ducto 26 tiene una forma cilíndrica circular en el segmento axial que comprende el rotor 22 y tiene un diámetro interior D_d ligeramente mayor que el diámetro exterior D_r del rotor 22. En tal realización, el asiento anular 30 se obtiene así de un ducto tradicional 26 al añadir una superficie de suavizado aerodinámico 36. En particular, se dispone una superficie de suavizado aerodinámico convergente 36c, inmediatamente en la parte ascendente del rotor 22. Además, la superficie de suavizado aerodinámico sobresale en la parte ascendente para formar la boca convergente 38. De manera similar a lo que se describe anteriormente con respecto a la figura 4.a, la superficie de suavizado aerodinámico convergente 36c provoca un estrechamiento en el canal 28, el diámetro interior D_s del asiento anular 30 es ligeramente más pequeño que el diámetro exterior D_r del rotor 22, el asiento anular 30 está axialmente abierto en la parte descendente. El aspa 24 incluye un *winglet* de punta 32 con un deflector 34 que se extiende axialmente en la parte ascendente y se recibe en el asiento anular 30.

La realización que se muestra esquemáticamente en la figura 4.l es similar a la de la figura 4.e, a cuya descripción se hace referencia. En esta realización, sin embargo, la pared del ducto 26 está conformada para formar, en la parte ascendente del rotor 22, la boca convergente 38.

La realización que se muestra esquemáticamente en la figura 4.m es muy similar a la de la figura 4.a, a cuya descripción se hace referencia. En esta realización, sin embargo, la superficie de suavizado aerodinámico convergente 36c no está conformada para definir un estrechamiento suave y continuo en el canal 28, sino que está conformada con un perfil de esquinas agudas que introduce un estrechamiento escalonado abrupto.

La realización que se muestra esquemáticamente en la figura 4.n es muy similar a la de la figura 4.c, a cuya descripción se hace referencia. En esta realización, sin embargo, la superficie de suavizado aerodinámico convergente 36c y la superficie de suavizado aerodinámico divergente 36d no están configuradas para definir variaciones suaves y continuas en el canal 28, sino que están configuradas con perfiles de esquinas afiladas que introducen variaciones escalonadas abruptas.

Estas realizaciones esquematizadas en las figuras 4.m y 4.n, aunque no son aerodinámicamente óptimas, pueden ser ventajosas bajo ciertas condiciones específicas por su mayor facilidad de implementación.

Las configuraciones del ducto 26 y el asiento anular 30 que se describen anteriormente con referencia a las figuras 4 se muestran a modo de ejemplo. Como entenderá bien el experto en la materia, el asiento anular 30 puede adoptar formas diferentes de las descritas en este documento en detalle, con el fin de satisfacer necesidades específicas.

Como puede apreciar el experto en la materia al observar las figuras 4, la configuración según la invención del asiento anular 30 y de la punta del aspa 24, permite obtener una especie de sello de

laberinto. De una manera conocida per se, un sello de laberinto define un camino tortuoso que reduce significativamente el paso espontáneo de un fluido desde una zona de alta presión a una zona de baja presión. En el caso específico, la configuración del asiento anular 30 y de la punta del aspa 24 (con o sin *winglet* 32) definen un camino tortuoso para el aire que tiende espontáneamente a fluir desde la zona de alta presión (por encima del aspa 24) a la zona de baja presión (por debajo del aspa 24). Al reducir la cantidad de aire que pasa de una zona a otra en la punta del aspa 24, se reduce la magnitud del vórtice de punta y, como resultado, la resistencia inducida.

Las realizaciones de las figuras 5 a 11 son similares a las esquematizadas en la figura 4.a. Más particularmente, las figuras 5 y 6 representan una realización del rotor 22, mientras que las figuras 7, 8 y 9 representan una realización diferente del rotor 22. La principal diferencia entre las dos realizaciones consiste en la forma y extensión del deflector 34 del *winglet* 32. La figura 6 muestra un *winglet* 32 más pequeño que el que se ve en la figura 8. El ducto 26 y el asiento anular 30 son comunes a ambas realizaciones y se muestran con más detalle en las figuras 10 y 11.

En las realizaciones de las figuras 5 a 11, el ducto 26 tiene una forma cilíndrica circular en el segmento axial que comprende el rotor 22 y tiene un diámetro interior D_d ligeramente mayor que el diámetro exterior D_r del rotor 22 (véase figura 9). El asiento anular 30 se obtiene así de un ducto 26 tradicional al añadir la superficie de suavizado aerodinámico 36. En particular, se dispone la superficie de suavizado aerodinámico convergente 36c, inmediatamente en la parte ascendente del rotor 22. La superficie de suavizado aerodinámico convergente 36c determina así un estrechamiento en el canal 28 incluido en el ducto 26, de manera que el diámetro interior D_s del asiento anular 30 es ligeramente menor que el diámetro exterior D_r del rotor 22 (véase nuevamente la figura 9). Debido a la forma de la superficie de suavizado aerodinámico convergente 36c, el asiento anular 30 está axialmente abierto en la parte descendente. Las aspas 24 comprenden *winglets* de punta 32 respectivos que toman diferentes formas, pero en cualquier caso tienen un deflector 34 que se extiende axialmente en la parte ascendente y que se recibe en el asiento anular 30.

Cada una de las variantes descritas anteriormente permite obtener algunas ventajas específicas, algunas de las cuales se describen a continuación a modo de ejemplo.

Las realizaciones que comprenden un ducto 26 tradicional al que se añaden superficies de suavizado aerodinámico 36 permiten la modificación de un ventilador 20 existente para que esté de acuerdo con la invención. Por ejemplo, tales realizaciones se muestran en las figuras 4.a, 4.c, 4.d, 4.i, 4.k, 4.m y 4.n.

Las formas de realización que incluyen un estrechamiento del canal 28 en el asiento anular 30 permiten una aceleración local del flujo de aire. A este respecto, cabe señalar que la diferencia entre el diámetro interior D_d del ducto 26 y el diámetro interior D_s del asiento puede llegar en algunos casos hasta el 5 % del diámetro interior D_d del ducto 26. En la mayoría de los casos, sin embargo, esta diferencia es inferior al 2 % de D_d . Dado que esta reducción se localiza precisamente en la periferia radial, donde la velocidad de flujo es mayor, el efecto local del estrechamiento sobre la velocidad de flujo es aún más evidente. Por ejemplo, tales realizaciones se muestran en las figuras 4.a, 4.c, 4.d, 4.f, 4.g, 4.i, 4.m y 4.n.

Las realizaciones que comprenden una ampliación del canal 28 en el asiento anular 30, permiten una disposición óptima del flujo de aire para aplicaciones que requieren una salida divergente en la descarga de todo el ducto 26. Por ejemplo, tales realizaciones se muestran en las figuras 4.b, 4.h y 4.k.

Preferiblemente, el ventilador 20 según la invención también comprende un motor (no se muestra) adecuado para hacer girar el rotor 22 a la velocidad de diseño. Además, el ventilador 20 según la invención comprende preferiblemente una estructura (no se muestra) adecuada para soportar firmemente el ducto 26, el rotor 22 y posiblemente el motor en todas las condiciones de funcionamiento.

De acuerdo con algunas realizaciones, representadas esquemáticamente en las figuras 14 y 15, el rotor 22 es del tipo de paso variable. De acuerdo con estas realizaciones, cada aspa 24 individual puede girarse alrededor de un eje p que tiene una dirección sustancialmente radial. La posibilidad de girar simultáneamente cada aspa 24 alrededor del respectivo eje p permite modificar su incidencia con respecto al aire (véase figuras 15), variando así la velocidad de flujo del propio ventilador canalizado 20. Los ventiladores canalizados de paso variable 20 permiten así adaptarse a diferentes condiciones de funcionamiento y, por lo tanto, se utilizan ampliamente en varios campos.

Un campo en el que los ventiladores canalizados de paso variable 20 son particularmente apreciados es el campo aeronáutico. Varios tipos de aeronaves emplean ventiladores canalizados de paso variable 20, por ejemplo, para propulsión y/o control de aeronaves.

Un ejemplo particular de un ventilador canalizado de paso variable 20 es el rotor de cola canalizado de un helicóptero 40 (véase a modo de ejemplo la figura 12). Esta solución, también denominada comúnmente fenestrón, aunque muy apreciada, tiene los mismos inconvenientes ya identificados anteriormente para los ventiladores canalizados para uso industrial.

Incluso en este caso, es particularmente ventajoso disponer en el ducto 26 un asiento anular 30 que se extienda circunferencialmente alrededor del rotor 22, en donde las puntas de las aspas 24 están alojadas al menos parcialmente en el asiento anular 30.

En este tipo de aplicación, las realizaciones representadas esquemáticamente en las figuras 4.c, 4.e, 4.i y 4.j son particularmente adecuadas, aunque también pueden emplearse de manera útil otras realizaciones.

La descripción anterior se centra en las características técnicas que distinguen la invención de las soluciones del arte previo. Para todas las demás características, que pueden ser comunes al arte previo y a la invención, se puede hacer referencia a la introducción que describe y comenta acerca del arte previo.

Como comprenderá fácilmente el experto en la materia, la invención permite superar los inconvenientes previamente resaltados con referencia al arte previo.

En particular, la presente invención proporciona un ventilador axial canalizado que tiene una eficiencia mejorada.

Además, la presente invención proporciona un ventilador axial canalizado que limita la formación de vórtices en punta más que los ventiladores de tipo conocido.

Además, la presente invención proporciona un ventilador axial canalizado que, además de introducir ventajas adicionales, también mantiene las ventajas ya obtenidas por los ventiladores de tipo conocido.

Se entiende que las características específicas se describen en relación con

5 realizaciones diferentes de la invención a modo de ejemplos no limitativos.

Obviamente, un experto en la materia podrá realizar modificaciones y variaciones adicionales a la presente invención, con el fin de satisfacer necesidades contingentes y específicas. Por ejemplo, las características técnicas descritas en relación con una realización de la invención pueden extrapolarse y aplicarse a otras 10 realizaciones de la invención. Tales modificaciones y variaciones también están incluidas dentro del alcance de la invención, como se define en las siguientes reivindicaciones.