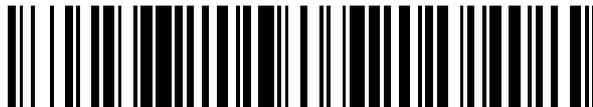


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 597 402**

51 Int. Cl.:

B64C 21/02 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **09.12.2004 PCT/US2004/041818**

87 Fecha y número de publicación internacional: **30.06.2005 WO05058694**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **09.12.2004 E 04814052 (9)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **28.09.2016 EP 1704088**

54 Título: **Método y dispositivo para alterar las características de separación de flujo sobre una superficie de sustentación a través de soplado y aspiración híbridos intermitentes**

30 Prioridad:

12.12.2003 US 734565

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:

18.01.2017

73 Titular/es:

**THE BOEING COMPANY (100.0%)
100 North Riverside Plaza
Chicago, IL 60606-1596, US**

72 Inventor/es:

**HASSAN, AHMED, A.;
JANAKIRAM, RAM, D. y
CERCHIE, DINO, A.**

74 Agente/Representante:

UNGRÍA LÓPEZ, Javier

ES 2 597 402 T3

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

DESCRIPCIÓN

Método y dispositivo para alterar las características de separación de flujo sobre una superficie de sustentación a través de soplado y aspiración híbridos intermitentes

5

Antecedentes de la invención

El rendimiento aerodinámico, por lo tanto, la eficiencia, de superficies de sustentación, las palas del rotor, alas, álabes de turbina/compresor, y palas de turbinas eólicas, depende en gran medida de la relación de sustentación/resistencia (L/D) de dichas superficies de sustentación. Con este fin, las técnicas de control de flujo activo (AFC) se han utilizado para aumentar la relación L/D. Estas técnicas de AFC incluyen proporcionar puertos y/o aberturas a través de la superficie de tales superficies de sustentación y aplicar soplado constante, aspiración constante, o soplado y aspiración alternos de fluido de las mismas. Tales técnicas de AFC han demostrado ser eficaces en el aumento del coeficiente de sustentación de superficies de sustentación, la disminución de su coeficiente de resistencia, o ambos de una manera que aumenta la relación total de L/D de las superficies de sustentación, y aumentando así su eficiencia de sustentación.

10

15

Las técnicas de AFC son particularmente ventajosas en situaciones en las que de otro modo existirían grandes separaciones de flujo sobre dichas superficies de sustentación. Tales situaciones se producen con frecuencia cuando las superficies de sustentación están orientadas en ángulos de ataque altos y cuando se utilizan aletas para generar una sustentación relativamente alta. Como es el caso con prácticamente todos los tipos de superficies de control de sustentación, generalmente se incurre en una penalización de la resistencia cuando el flujo de fluido sobre la superficie superior (o la superficie de presión inferior) de la superficie de sustentación se separa aguas arriba del borde de salida del perfil de la superficie de sustentación. El tamaño de la región de flujo delantero separada del borde de salida depende de, entre otras cosas, el ángulo de ataque de la corriente libre, la velocidad de flujo, la longitud de la cuerda de la superficie de sustentación, y, para superficies de sustentación con dispositivo hipersustentador, la longitud de la cuerda del dispositivo hipersustentador y el ángulo de desviación del dispositivo hipersustentador. Además, tal separación se acompaña de una región de flujo de recirculación perjudicial aguas abajo del punto de separación. Al reducir o retrasar la separación del flujo, un se puede lograr correspondiente aumento de sustentación y/o la reducción en la fricción.

20

25

30

El documento US 2002/195526 divulga un método y un aparato para el control de la capa límite activa en una superficie de sustentación usando actuadores de chorro sintéticos piezoeléctricos.

35

Sumario de la invención

La invención reside en una aeronave según la reivindicación 1, y en un método según la reivindicación 4.

La presente invención se refiere a una técnica de AFC de aplicación de aspiración intermitente o la admisión de fluido, en combinación con soplado intermitente o expulsión de fluido, a través de la superficie exterior de una superficie de sustentación de una manera reducir o retrasar el flujo (laminar o turbulento) de separación sobre la superficie de sustentación. Esta técnica requiere menos energía que la que se requiere con técnicas de AFC de aspiración constante o de soplado constante y prevé un mayor aumento de las relaciones de sustentación respecto a la resistencia en comparación con los métodos de AFC de aspiración/expulsión oscilante o solo de aspiración intermitente.

40

45

De acuerdo con una realización de la invención, un dispositivo comprende una superficie de sustentación, una abertura de entrada de fluido (gas o fluido), una abertura de salida de fluido, una bomba, y primera y segunda válvulas. La superficie de sustentación tiene una superficie exterior y las aberturas de entrada y salida de fluido se extienden cada una a través de la parte superior de la superficie exterior de la superficie de sustentación. La bomba está conectada operativamente a la abertura de entrada de fluido y a la abertura de salida de fluido, y está configurada y adaptada para extraer fluido en la superficie de sustentación a través de la abertura de entrada de fluido y para expulsar el fluido de la superficie de sustentación a través de la abertura de salida de fluido. La primera válvula está conectada operativamente entre la abertura de entrada de fluido y la bomba y la segunda válvula está conectada operativamente entre la bomba y la abertura de salida de fluido. La primera válvula está configurada y adaptada para permitir que el fluido se introduzca en la superficie de sustentación a través de la abertura de entrada de fluido a través de la bomba y para evitar que el fluido sea expulsado de la superficie de sustentación a través de la abertura de entrada de fluido. La segunda válvula está configurada y adaptada para permitir que el fluido sea expulsado de la superficie de sustentación a través de la abertura de salida de fluido a través de la bomba y para evitar que el fluido sea arrastrado a la superficie de sustentación a través de la abertura de salida de fluido.

50

55

60

De acuerdo con una realización adicional de la invención, un método comprende la etapa de proporcionar un aparato que tiene una superficie de sustentación y las válvulas primera y segunda. La superficie de sustentación tiene una superficie exterior, una abertura de entrada de fluido, y una abertura de salida de fluido. Las aberturas de entrada y salida de fluido se extienden cada una a través de la parte superior de la superficie exterior de la superficie de sustentación. El método comprende, además, introducir fluido de forma intermitente en la superficie de

65

sustentación de un entorno externo al aparato a través de la abertura de entrada de fluido de manera que define una pluralidad de intervalos de tiempo de admisión separados por una pluralidad de intervalos de tiempo de no admisión. Además, el método comprende la utilización de la primera válvula para evitar la expulsión del fluido de la superficie de sustentación a través de la abertura de entrada de fluido durante los intervalos de no admisión. El método

5 también comprende expulsar de forma intermitente el fluido de la superficie de sustentación en el medio ambiente externo a través de la abertura de salida de fluido de una manera que define una pluralidad de intervalos de tiempo de expulsión separados por una pluralidad de intervalos de tiempo de no expulsión. Todavía más, el método comprende la utilización de la segunda válvula para evitar que el fluido entre en la superficie de sustentación a través de la abertura de salida de fluido durante los intervalos de no expulsión.

10 El método también comprende la etapa de introducir fluido en el pasaje de fluido de la superficie de sustentación desde un entorno externo al aparato a través de la abertura de entrada de fluido. La introducción de fluido en el pasaje de fluido a través de la abertura de entrada de fluido se produce con la válvula en su posición abierta. El método comprende además la etapa de expulsar el fluido a través del pasaje de fluido de la superficie de sustentación en el medio ambiente externo a través de la abertura de salida de fluido. La expulsión de fluido desde el pasaje de fluido a través de la abertura de salida de fluido se produce con la válvula en su posición cerrada.

15 Aunque las principales ventajas y características de la invención se han descrito anteriormente, una comprensión más completa y profunda de la invención puede obtenerse haciendo referencia a los dibujos y la descripción detallada de las realizaciones preferidas que siguen.

Breve descripción de los dibujos

25 La figura 1 representa una superficie de sustentación utilizada en conexión con el método preferido de la práctica de la invención.

La figura 2 es una representación esquemática de una vista en sección transversal parcial de la superficie de sustentación que se muestra en la figura 1 y representa una disposición de bomba y válvula para la práctica de la invención.

30 La figura 3 es un gráfico que muestra el aumento del coeficiente de sustentación generado por la utilización del método preferido de la práctica de la invención en comparación con los coeficientes de sustentación obtenidos por otros métodos de AFC.

La figura 4 es un gráfico que muestra la disminución del coeficiente de resistencia obtenido mediante la utilización del método preferido de la práctica de la invención en comparación con coeficientes de resistencia obtenidos por otros métodos de AFC.

35 La figura 5 es un gráfico que muestra el coeficiente del momento de cabeceo generado mediante la práctica el método preferido de la práctica de la invención en comparación con los coeficientes de momento de cabeceo obtenidos por otros métodos de AFC.

40 Los números de referencia en la especificación escrita indican elementos correspondientes que se muestran a través de las figuras de los dibujos.

Descripción detallada de la realización preferida de la invención

45 Para los propósitos de la prueba el método preferido de la práctica de la invención, se utilizó una superficie de sustentación VR-7 de 12 % de espesor que tiene una lengüeta de borde de la cola del 4 %. Como se muestra en la figura 1, esta superficie de sustentación 20 tiene un borde de ataque 22 y un borde de escape 24 que separan porciones opuestas superior 26 e inferior 28 de la superficie exterior 30 de la superficie de sustentación. Los bordes de ataque 22 y de escape 24 también definen una longitud de cuerda que se extiende entre los mismos. Se debe apreciar que esta particular superficie de sustentación 20 es simplemente una superficie de sustentación a modo de ejemplo y que la invención se puede utilizar en varios tipos de superficies de sustentación, con o sin superficies de control móviles tales como un dispositivo hipersustentador. Por otra parte, se debe apreciar que la invención se puede utilizar en conexión con superficies de sustentación en varios tipos de dispositivos, incluyendo, pero no limitado a, las aspas del ventilador, palas de turbina, alas de aeronaves, y las palas del rotor de una aeronave.

55 La técnica de AFC de la presente invención es de particular beneficio en situaciones o condiciones en las que se produce la separación prematura del flujo de fluido sobre una superficie de sustentación sin el uso de una técnica de AFC. Por lo tanto, para los propósitos de comparación, la superficie de sustentación de prueba 20 se supone que se mueve en relación a un fluido en una forma que pueda causar la separación del flujo hacia delante del borde de escape 24 en condiciones no AFC. En particular, el número de Reynolds que se supone de aproximadamente 2,4 millones, y se supuso que la superficie de sustentación se movía a través del aire en una corriente libre de Número de Mach 0,30 y en un ángulo de ataque de corriente libre (flujo de inicio) de 15 grados. Basado en el análisis del flujo no AFC alrededor de la superficie de sustentación 20 en estas condiciones utilizando herramientas de análisis de dinámica de fluidos computacional disponibles en el mercado, se determinó que existiría separación de flujo indeseable.

65

El uso de herramientas de dinámica de fluidos computacional similares para analizar los beneficios de la técnica AFC de la presente invención en condiciones idénticas, la aspiración intermitente (entrada de fluidos) se introdujo a través de la porción superior 26 de la superficie exterior 30 de la superficie de sustentación 20 a aproximadamente 30 % de la longitud de la cuerda desde el borde delantero 22. Esta ubicación se eligió para ser tal que la aspiración intermitente se introduce ligeramente posterior a donde la separación del flujo comienza bajo no AFC, pero por lo demás condiciones de flujo idénticas. Además, el soplado intermitente de fluido (expulsión de fluido) se introdujo a través de la porción superior 26 de la superficie exterior 30 de la superficie de sustentación 20 a aproximadamente 74 % de la longitud de la cuerda desde el borde delantero 22. Se encontró que esta ubicación de expulsión de fluido era ideal para la superficie de sustentación 20 particular, bajo los parámetros de flujo particular, a modo de cálculos de prueba y error.

La aspiración intermitente se aplicó a una frecuencia de 350 Hertz y a un Número Mach de aspiración máxima (Mjet o Mj) de 0,30. En el método preferido de la práctica de la invención, el aire es aspirado a través de la porción superior 26 de la superficie exterior 30 de la superficie de sustentación 20 a través de una ranura de entrada 32 que forma una abertura de entrada de fluido, como se muestra en la figura 2. La ranura 32 tiene preferiblemente una anchura adimensional de 0,0035 (es decir, el ancho de la ranura dividido por la longitud de la superficie de sustentación acorde) y está configurada y adaptada para extraer el aire en un ángulo de aproximadamente 25 grados con respecto a la tangente de superficie local de la superficie exterior circundante 30 de la superficie de sustentación 20 (principalmente de la dirección del borde de escape 24 de la superficie de sustentación).

De una manera similar, la expulsión de fluido intermitente se aplicó a una frecuencia de 350 Hertz y a un Número Mach de soplado máximo (Mjet o Mj) de 0,30. En el método preferido de la práctica de la invención, el aire es expulsado a través de la porción superior 26 de la superficie exterior 30 de la superficie de sustentación 20 a través de una ranura 34 que forma una abertura de salida de fluido y que es similar a la ranura 32 que forma la abertura de entrada de fluido.

La presión de vacío parcial necesario para introducir aire en la superficie de sustentación 20 a través de la ranura de entrada 32 se puede lograr por varios dispositivos y técnicas conocidos en la técnica. Preferiblemente, una bomba colocada dentro de perfil aerodinámico está conectada operativamente a la ranura 32 para tales fines. Para fines ilustrativos, una representación esquemática simplificada de una bomba, la válvula, y el conjunto de ranura se muestra en la figura 2. La bomba 36 comprende preferentemente un pistón de movimiento alternativo lineal 38 que se mueve con relación a una pared del cilindro 40 de manera de aumentar y disminuir periódicamente del volumen de una cámara de fluido 42. Sin embargo, se debe apreciar que varios otros dispositivos o métodos, incluyendo las bombas no recíprocas, tales como bombas de flujo centrífugas o radiales, podría utilizarse como alternativas a una bomba lineal de vaivén. No obstante, en la realización preferida de la invención, el pistón 38 de la bomba 36 se mueve alternativamente de forma lineal a través de un actuador electromagnético pulsado convencional tal como una bobina de altavoz (no mostrada).

El conjunto también comprende preferiblemente válvulas primera y segunda 44, 46 (mostrado esquemáticamente). La primera válvula 44 está conectada operativamente entre la cámara de fluido 42 y la ranura de entrada 32 y es movable entre posiciones abierta y cerrada. Con la primera válvula 44 en su posición abierta, la cámara de fluido 42 está en comunicación fluida con el entorno de fluido que rodea la superficie de sustentación a través de la ranura de entrada 32. A la inversa, se evita la comunicación fluida entre la cámara de fluido 42 y el medio ambiente externo a través de la ranura de entrada 32 cuando la primera válvula 44 está en su posición cerrada.

Para fines de eficacia, es deseable tener la expulsión de fluido intermitente de la ranura de salida 34 accionada por la misma bomba que impulsa la entrada de fluido intermitente a través de la ranura de entrada 32. Como tal, la segunda válvula 46 está conectada operativamente entre la cámara de fluido 42 y la ranura de salida 34. Similar a la primera válvula 44 la segunda válvula 46 es móvil entre las posiciones abierta y cerrada. Con la segunda válvula 46 en su posición abierta, la cámara de fluido 42 está en comunicación fluida con el entorno de fluido que rodea la superficie de sustentación a través de la ranura de salida de fluido 34. En su posición cerrada, la segunda válvula 46 impide que el fluido fluya desde la cámara de fluido 42 a través de la ranura de salida 34. La primera 44 y segunda 46 válvulas pueden ser accionadas entre sus posiciones abierta y cerrada por medio de solenoides electrónicos, agitadores de vibración comercialmente disponibles, motores lineales, levas mecánicas, u otros dispositivos generadores de fuerza adecuada, o pueden ser válvulas de retención unidireccionales que se accionan simplemente mediante las diferencias de presión que actúa entre los puertos opuestos de cada válvula. Se prefieren las válvulas de retención unidireccionales ya que no requieren entradas de señales de control y se sincronizan automáticamente.

En funcionamiento, cuando el pistón 38 se mueve con relación a la pared del cilindro 40 en una manera para aumentar el volumen de la cámara de fluido 42, la primera válvula 44 se encuentra preferentemente en su posición abierta y la segunda válvula 46 está, preferiblemente, en su posición cerrada. Esto crea un vacío parcial dentro de la cámara de fluido 42 y actúa para introducir o aspirar fluido de la capa límite de baja energía del entorno externo que rodea la superficie de sustentación 20 a través de la ranura de entrada 32. Después de que ocurre un intervalo de tiempo de la entrada, la primera válvula 44 se mueve preferiblemente a su posición cerrada y la segunda válvula 46 se mueve preferiblemente a su posición abierta. Este movimiento se produce preferiblemente de forma automática como resultado de un aumento de la presión en la cámara de fluido 42 causada por el pistón 38 que cambia de

dirección de movimiento con relación a la pared del cilindro 40 disminuyendo de una manera el volumen de la cámara de fluido 42.

5 Cuando el volumen del fluido de la cámara 42 disminuye, algo de fluido dentro de la superficie de sustentación 20 es forzado a través de la segunda válvula 46 y fuera de la superficie de sustentación a través de la ranura de salida 34. Durante este período de tiempo de expulsión de fluido, el consumo de fluido en la superficie de sustentación 20 a través de la ranura de admisión 32 se impide como resultado de que la primera válvula 44 está en su posición cerrada. Sin embargo, se debe apreciar que esto no sería necesariamente el caso si se utilizaron bombas separadas para mover fluido a través de las ranuras de entrada 32 y de salida 34.

10 Después de que se produce un intervalo de tiempo de expulsión de fluido, el pistón 38 de la bomba 36 se enciende una vez más en dirección de manera de causar que el volumen de la cámara de fluido 42 aumente. La disminución resultante en la presión dentro de la cámara de fluido 42 preferiblemente provoca automáticamente que la primera válvula 44 se mueva a su posición abierta y la segunda válvula 46 se mueva a su posición cerrada. Por lo tanto, el fluido se introduce una vez más en la superficie de sustentación 20 a través de la ranura de entrada 32.

20 En vista de lo anterior, se debe apreciar que, cuando la bomba 36 aumenta y luego disminuye de forma repetitiva el volumen de la cámara de fluido 42, se produce una pluralidad de intervalos de tiempo intermitentes de admisión y de no admisión, al igual que una pluralidad intervalos de tiempo intermitentes de expulsión y de no expulsión. Además, se debe apreciar que, los intervalos de tiempo no admisión y los intervalos de tiempo de expulsión generalmente coinciden, al igual que los intervalos de tiempo de admisión y los intervalos de tiempo de no expulsión. Por otra parte, se debe apreciar que el uso de una bomba de émbolo como se describió anteriormente dará lugar a una velocidad de entrada del fluido a través de la ranura de entrada 32 que aumenta y luego disminuye (generalmente de una manera sinusoidal) durante cada intervalo de tiempo de admisión. Del mismo modo, la velocidad de expulsión de fluido a través de la ranura de salida se incrementará y luego disminuirá (por lo general de una manera sinusoidal) durante cada intervalo de tiempo de expulsión. Por otro lado, si se utiliza una bomba de tipo continuo tal como un ventilador, la velocidad de entrada y las velocidades de expulsión pueden ser más constantes durante respectivos intervalos de admisión y de expulsión.

30 En el método preferido de la práctica de la invención, los intervalos de tiempo de admisión y los intervalos de tiempo de expulsión se fijaron en una tasa de ciclo de 350 Hertz. Además, la velocidad de entrada máxima de fluido que pasa a través de la ranura de entrada 32 y la velocidad de expulsión máxima de fluido que pasa a través de la ranura de salida 34 se cada conjunto en un Número de Mach de 0,30.

35 Los beneficios aerodinámicos alcanzados por la invención se muestran en los gráficos de las figuras 3-5. Cada uno de estos gráficos muestran el rendimiento aerodinámico que resulta del método de la presente invención (que se refiere una técnica de AFC "híbrido"), en comparación con los resultados de rendimiento de una técnica de AFC de aspiración intermitente o pulsada, una técnica de soplado de AFC pulsada, una técnica de AFC oscilatoria (invirtiendo soplado y aspiración/masa neta cero), y la superficie de sustentación no AFC o de línea de base.

40 La figura 3 ilustra una evolución temporal del coeficiente de sustentación de la superficie de sustentación para cada uno de los métodos comparados. Los resultados para la superficie de sustentación de línea de base (es decir, sin el uso de cualquier técnica AFC) producen un coeficiente de sustentación media de 1,44. En contraste, con la técnica de AFC híbrido de acuerdo con la presente invención se obtiene un coeficiente de sustentación media de 1,65, con la técnica de aspiración de pulsos se obtiene un coeficiente de sustentación de 1,61, con la técnica oscilatoria se obtiene un coeficiente de sustentación de 1,53, y la técnica de soplado de pulsos produce un coeficiente de sustentación de 1,36. Por lo tanto, la técnica de AFC híbrido de la presente invención da como resultado la mejora más grande (14,58 %) en sustentación.

50 Los resultados de rendimiento de resistencia se muestran en la figura 4, que ilustra el historial de tiempo predicho del coeficiente de resistencia de la superficie de sustentación para los diversos métodos. La línea de base de la superficie de sustentación (no AFC controlado) se obtiene un coeficiente de resistencia medio de 0,0627. Por el contrario, el coeficiente de resistencia media producido por las diversas técnicas de AFC es como sigue: 0,0743 para la técnica de soplado de AFC pulsado; 0,0526 para la técnica de AFC oscilatorio; 0,0482 para la técnica de aspiración AFC pulsada; y solo 0,0451 para la técnica de AFC híbrido de la presente invención. Estos resultados indican que el uso de la técnica híbrida de la presente invención proporciona la mayor reducción en la resistencia de la sección (28,1 %).

60 La combinación de los resultados de sustentación y resistencia, las relaciones L/D aproximadas resultantes de las diversas técnicas de AFC son: 18,3 para la técnica de soplado pulsado; 29,1 para la técnica oscilatoria; 33,4 para la técnica de aspiración pulsada; y 36,58 para la técnica híbrida de la presente invención. Por el contrario, la línea de base de la superficie de sustentación tiene una relación L/D de solo 22,9. A partir de estos resultados, se debe apreciar que la técnica AFC intermitente de la presente invención es capaz de alcanzar una proporción de sustentación respecto a resistencia que es aproximadamente 1,6 veces mayor que la de la línea de base de la superficie de sustentación no controlada en condiciones similares. Esta mejora significativa en la relación L/D de la superficie de sustentación es una consecuencia directa de la reducción de la resistencia y el aumento de la

sustentación de la superficie de sustentación debido a la aplicación de aspiración y soplado intermitente desde las aberturas de entrada y de salida de fluido separadas.

5 El impacto de las diversas técnicas de AFC sobre los coeficientes de momento de cabeceo de la superficie de sustentación del ensayo se muestra en la figura 5. Como puede verse en esta figura, la técnica de AFC de soplado pulsado produce el mayor coeficiente de momento de cabeceo medio negativo de $-0,0324$, mientras que la técnica híbrida de la presente invención produce el menor coeficiente de momento de cabeceo medio negativo de $-0,0185$. Las otras técnicas producen $-0,0243$ para la técnica de AFC de aspiración pulsada, $-0,0270$ para la técnica de AFC oscilatorio, y $-0,0293$ para la técnica de no AFC de línea de base. Por lo tanto, se debe apreciar que la técnica AFC
10 híbrida de la presente invención reduce apreciablemente la magnitud del momento de cabeceo de la superficie de sustentación, que en la mayoría de los casos es ventajoso.

En vista de lo anterior, se debe apreciar que la técnica AFC híbrida de la presente invención mejora el rendimiento aerodinámico de perfiles de ala (superficies de sustentación), proporcionando incrementos en la elevación que se acompañan de forma simultánea por la reducción de la fricción. Esto es principalmente una consecuencia de la aspiración intermitente a través de la abertura de entrada o aberturas que actúan para disminuir el espesor de la capa límite de una manera que se mueve el punto de separación de flujo en popa con respecto al borde de ataque de la superficie de sustentación. Además, el soplado o la expulsión intermitente desde la abertura de salida o aberturas aguas abajo de la(s) abertura(s) de entrada beneficiosamente altera el patrón de flujo de recirculación en la región de flujo separado. En particular, la expulsión de fluido desde la(s) abertura(s) de salida divide el patrón de circulación de flujo de otro modo perjudicial cerca del borde de salida de la superficie de sustentación en dos regiones de circulación que giran de manera inversa, invirtiendo así la dirección de circulación de flujo aguas arriba de la(s) abertura(s) de salida. Esta circulación de flujo invertida actúa para disminuir aún más el tamaño de la región de flujo separado y aumentar así más la elevación y reducir la resistencia. Por lo tanto, el uso de la presente
20 invención para controlar/posponer la separación de la capa límite se traduce en proporciones significativamente mayores de sustentación respecto al arrastre y componentes aerodinámicos más eficientes y, como resultado, configuraciones de vehículos o dispositivos más eficientes.

En vista de lo anterior, muchas ventajas del método preferido de la práctica de la invención deben apreciarse. Sin embargo, debe entenderse que toda la materia contenida en la descripción anterior o mostrada en los dibujos adjuntos está destinada a ser interpretada como ilustrativa y no en un sentido limitativo, y que varias modificaciones y variaciones al método preferido pueden emplearse sin apartarse del alcance de la invención definida por las siguientes reivindicaciones. Por ejemplo, se debe apreciar que, como se describió anteriormente, bombas separadas, ventiladores, u otros dispositivos adecuados podrían ser utilizados de tal manera que la(s) abertura(s) de entrada no necesita(n) necesariamente estar conectada(s) operativamente a la(s) abertura(s) de salida. Por otra parte, no todas las etapas del método preferido de la práctica de la invención deben ser realizadas, ni necesitan ser realizadas en un orden particular, para la práctica la invención reivindicada. Aún más, se debe apreciar que la frecuencia, la colocación, la velocidad del chorro, el tamaño y el número de las aberturas de entrada y de salida pueden alterarse para adaptarse a cualquier configuración de superficie de sustentación en todas las condiciones
30 deseadas. Por lo tanto, deben apreciarse otras posibles variaciones y modificaciones del método preferido.
35
40

REIVINDICACIONES

1. Una aeronave que comprende un ala, comprendiendo además la aeronave:

5 una superficie de sustentación (20) que constituye una parte del ala, teniendo la superficie de sustentación una superficie exterior (30), donde el ala tiene un borde de ataque (22) y un borde posterior (24) que definen unas porciones superior e inferior opuestas de la superficie exterior de la superficie de sustentación;

10 una abertura de entrada de fluido (32) que se extiende a través de la porción superior (26) de la superficie exterior de la superficie de sustentación;

una abertura de salida de fluido (34);

estando colocada dicha abertura de entrada de fluido entre el borde de ataque del ala y la abertura de salida de fluido;

15 una bomba (36) conectada operativamente a la abertura de entrada de fluido y a la abertura de salida de fluido, estando la bomba configurada y adaptada para extraer fluido en la abertura de entrada de fluido y para expulsar el fluido desde la abertura de salida de fluido; y

una primera y segunda válvulas (44, 46), estando la primera válvula conectada operativamente entre la abertura de entrada de fluido y la bomba y estando la segunda válvula conectada operativamente entre la bomba y la

20 abertura de salida de fluido, estando la primera válvula configurada y adaptada para permitir que el fluido sea arrastrado a la superficie de sustentación a través de la abertura de entrada de fluido a través de la bomba y para evitar que el fluido sea expulsado de la superficie de sustentación a través de la abertura de entrada de fluido, estando la segunda válvula configurada y adaptada para permitir que el fluido sea expulsado desde la superficie de sustentación a través de la abertura de salida de fluido a través de la bomba y para evitar que el fluido sea arrastrado a la superficie de sustentación a través de la abertura de salida de fluido; y

25 **caracterizado por que** la abertura de salida de fluido se extiende a través de la porción superior de la superficie exterior de la superficie de sustentación.

2. Un aparato según la reivindicación 1, donde la primera y segunda válvulas son válvulas de retención de una sola vía.

30 3. Un aparato según la reivindicación 1, donde la bomba comprende un elemento que limita parcialmente una cámara de fluido y que está configurada y adaptada para corresponder de una manera para aumentar y disminuir el volumen de la cámara de fluido.

4. Un método que comprende:

35 proporcionar un aparato que comprende una superficie de sustentación (20) y una primera y segunda válvulas (44, 46), teniendo la superficie de sustentación una superficie exterior (30) y un borde de ataque (22) y un borde posterior (24) que definen las porciones superior e inferior opuestas de la superficie exterior de la superficie de sustentación, comprendiendo además la superficie de sustentación una abertura de entrada de fluido (32), y una

40 abertura de salida de fluido (34), extendiéndose cada una de las aberturas de entrada y de salida de fluido a través de la porción superior (26) de la superficie exterior de la superficie de sustentación y la abertura de entrada de fluido está situada entre el borde de ataque de la superficie de sustentación y la abertura de salida de fluido;

45 extraer intermitentemente fluido en la superficie de sustentación de un entorno externo al aparato a través de la abertura de entrada de fluido, de manera que define una pluralidad de intervalos de tiempo de admisión separados por una pluralidad de intervalos de tiempo de no admisión, donde las etapas de extracción de fluido de forma intermitente en la superficie de sustentación y de expulsión de forma intermitente de fluido desde la superficie de sustentación se producen de una manera tal que el fluido se introduce en y es expulsado a través de la porción superior (26) de la superficie exterior de la superficie de sustentación;

50 utilizar la primera válvula para evitar la expulsión del fluido de la superficie de sustentación a través de la abertura de entrada de fluido durante los intervalos de no admisión;

expulsar de manera intermitente el fluido de la superficie de sustentación en el entorno externo a través de la abertura de salida de fluido de una manera que define una pluralidad de intervalos de tiempo de expulsión separados por una pluralidad de intervalos de tiempo de no expulsión; y

55 utilizar la segunda válvula para evitar que el fluido entre en la superficie de sustentación a través de la abertura de salida de fluido durante los intervalos de no expulsión.

60 5. Un método según la reivindicación 4, donde las etapas de extracción intermitente de fluido en la superficie de sustentación y de expulsión de forma intermitente del fluido de la superficie de sustentación se producen de tal manera que los intervalos de tiempo de admisión coinciden con los intervalos de tiempo de no expulsión y tal que los intervalos de tiempo de no admisión coinciden con los intervalos de tiempo de expulsión.

65 6. Un método según la reivindicación 4, donde la etapa de proporcionar el aparato se produce de tal manera que el aparato comprende además una bomba que está conectada operativamente a la abertura de entrada de fluido y a la abertura de salida de fluido, y donde el método comprende además la utilización de la bomba para realizar las etapas de extracción intermitente de fluido en la superficie de sustentación desde el entorno externo a través de la

abertura de entrada de fluido y la expulsión de forma intermitente del fluido de la superficie de sustentación en el entorno externo a través de la abertura de salida de fluido.

5 7. Un método según la reivindicación 6, donde la etapa de proporcionar el aparato se produce de tal manera que la bomba comprende un elemento que limita parcialmente una cámara de fluido, y donde la etapa de utilizar la bomba para realizar las etapas de extracción intermitente de fluido en el superficie de sustentación desde el entorno externo a través de la abertura de entrada de fluido y de expulsión de forma intermitente del fluido de la superficie de sustentación en el entorno externo a través de la abertura de salida de fluido comprende el movimiento alternativo del elemento de bomba de una manera que hace que el volumen de la cámara de fluido aumente y luego disminuya de una de manera repetitiva.

10 8. Un método según la reivindicación 4, donde la etapa de extracción de manera intermitente de fluido en la superficie de sustentación de un entorno externo al aparato a través de la abertura de entrada de fluido se produce de una manera tal que al menos se producen cien intervalos de tiempo de admisión dentro de un segundo.

15

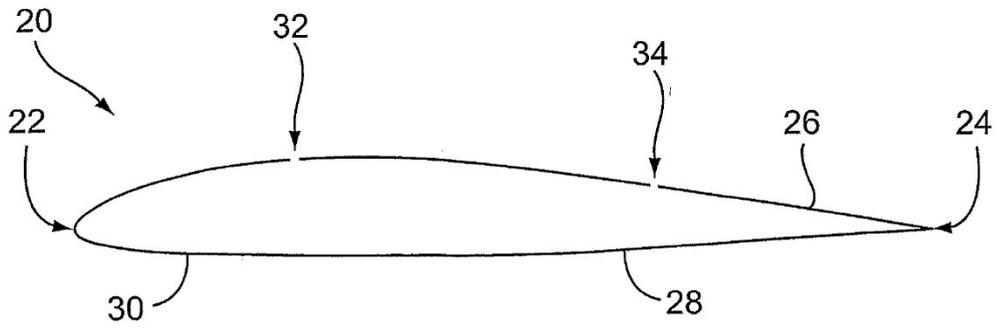


Figura 1

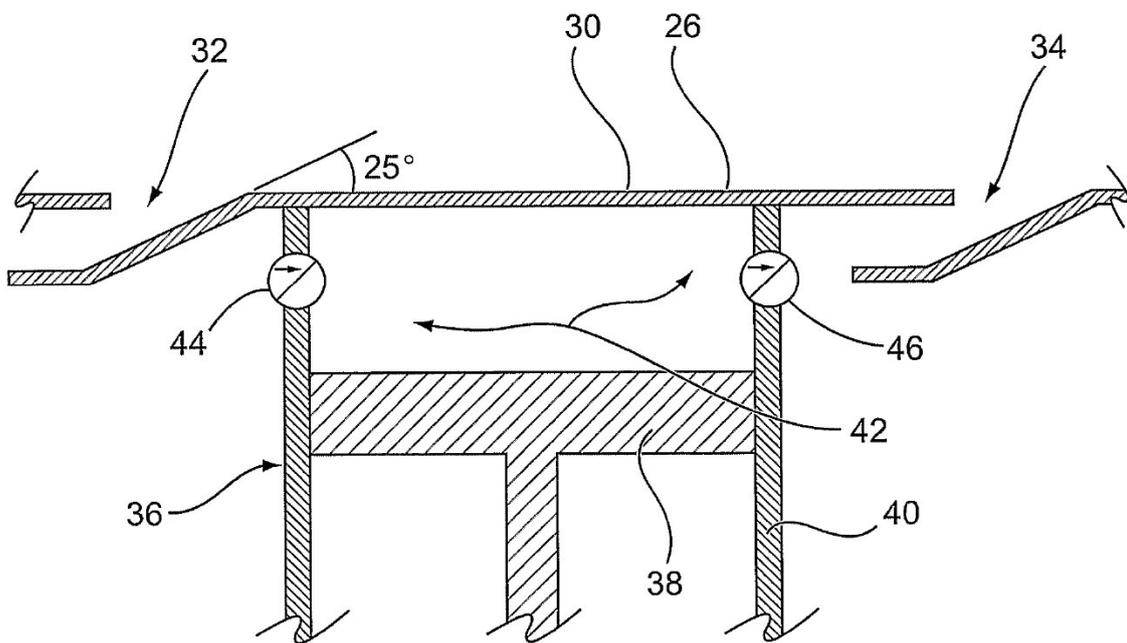


Figura 2

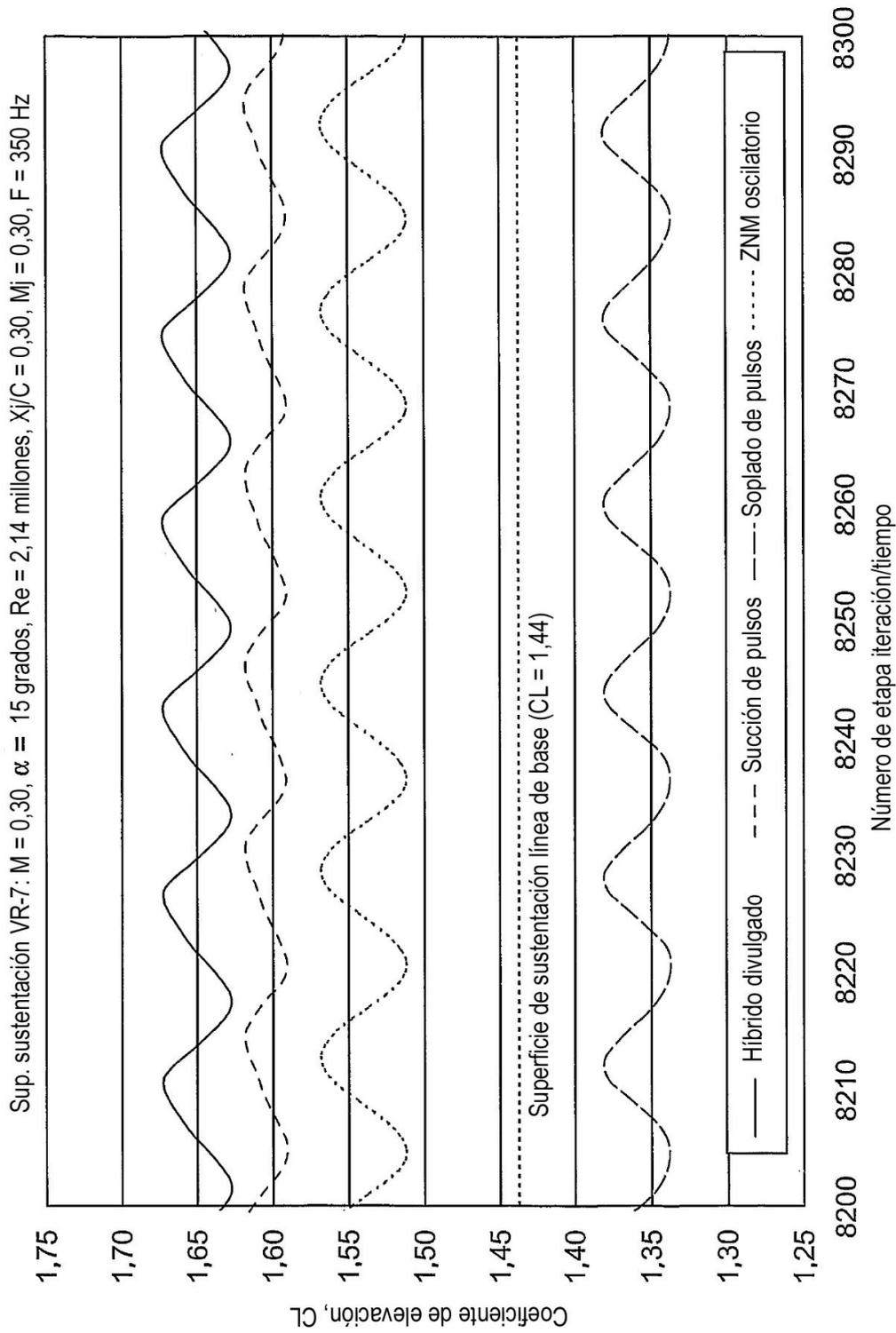


Figura 3

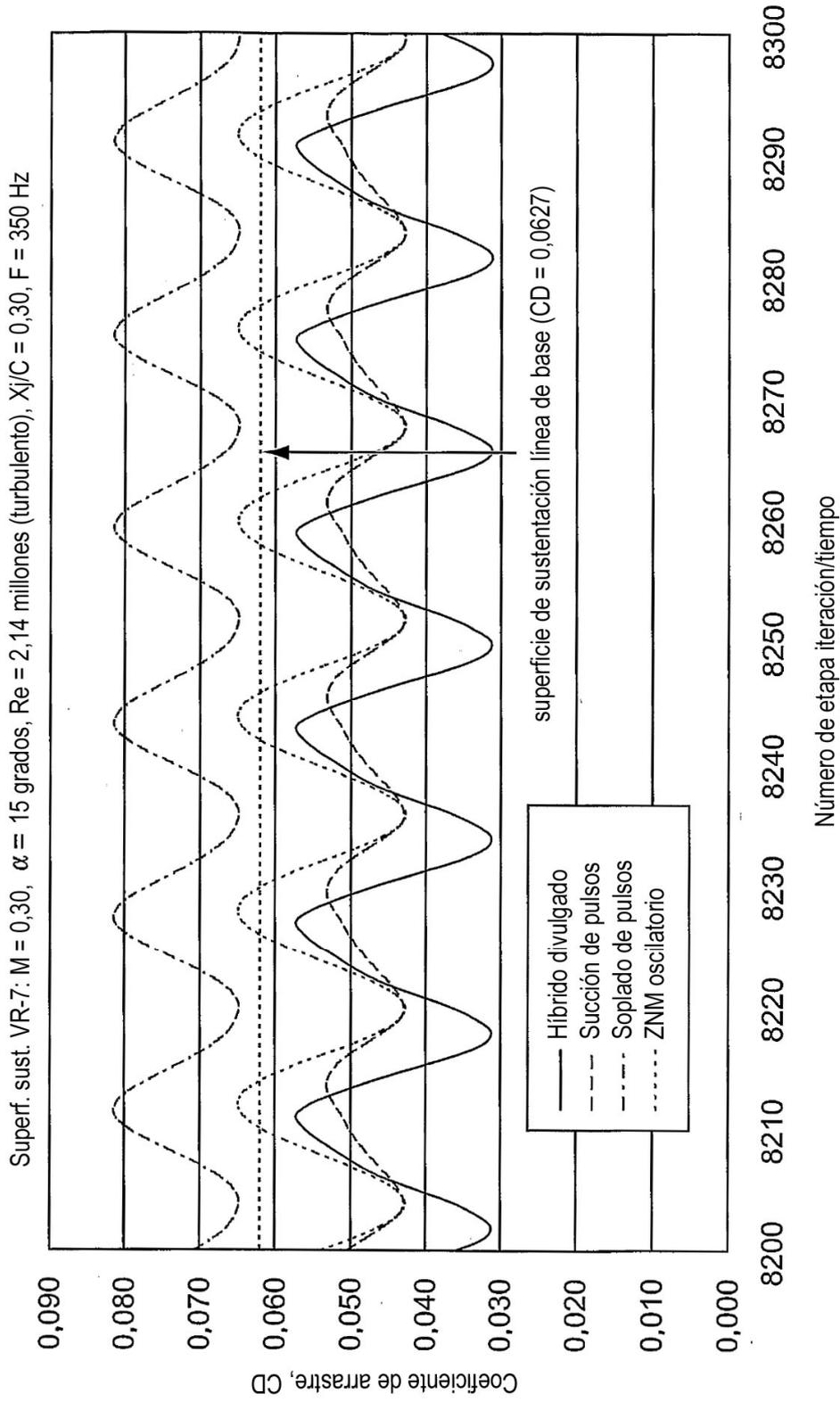
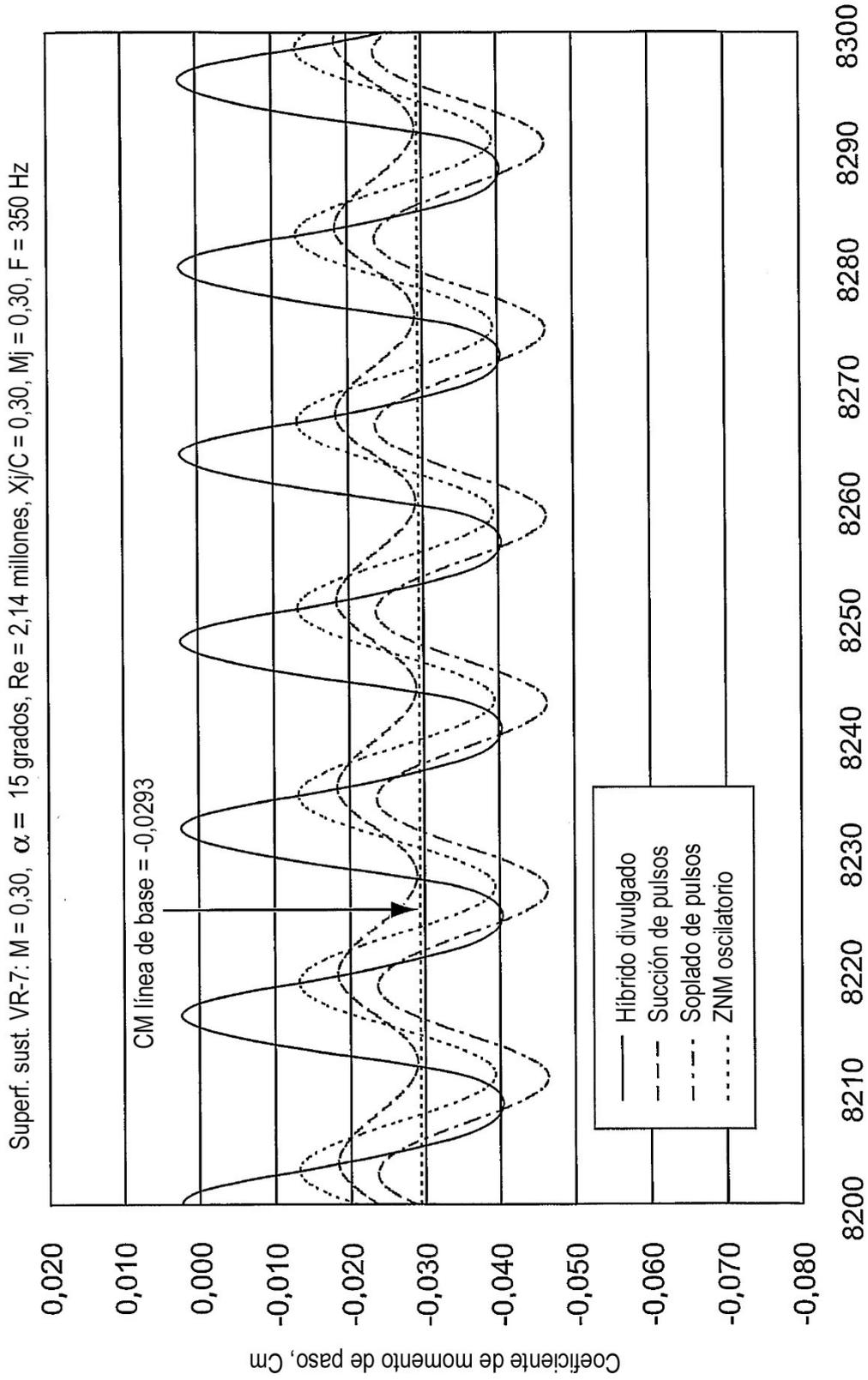


Figura 4



Número de etapa iteración/tiempo

Figura 5