

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 662 645**

51 Int. Cl.:

**F16F 1/04** (2006.01)

**B21F 35/00** (2006.01)

**F16F 1/00** (2006.01)

**G06F 17/50** (2006.01)

**B60G 11/15** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **08.10.2008 PCT/US2008/011588**

87 Fecha y número de publicación internacional: **30.04.2009 WO09054886**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **08.10.2008 E 08843263 (8)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **13.12.2017 EP 2212581**

54 Título: **Método de diseño de muelles helicoidales basado en ingeniería inversa**

30 Prioridad:

**19.10.2007 US 875229**

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

**09.04.2018**

73 Titular/es:

**NHK SPRING CO., LTD. (100.0%)  
10, Fukuura 3-chome, Kanazawa-ku, Yokohama-shi  
Kanagawa 236-0004, JP**

72 Inventor/es:

**NISHIZAWA, SHINICHI y  
SAKAI, TADASHI**

74 Agente/Representante:

**AZNÁREZ URBIETA, Pablo**

ES 2 662 645 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 de diseño de muelles helicoidales basado en ingeniería inversa

*Campo técnico*

- 5 La presente invención se refiere a un programa que permite a un ordenador ejecutar pasos para diseñar un muelle helicoidal. Más particularmente, la presente invención permite un diseño de muelles helicoidales automatizado, optimizado e independiente del diseñador, produciendo formas de perfiles ideales.

*Técnica anterior*

- 10 La EP 1 386 762 A1 describe un método informatizado para diseñar un muelle helicoidal en un estado no comprimido que comprende los pasos de determinar las características de diseño deseadas de un muelle helicoidal, elegir un perfil inicial para el muelle helicoidal, comparar las características del perfil del muelle con las características deseadas de diseño y repetir los pasos después de realizar un ajuste del perfil previo del muelle hasta que las características de su perfil estén dentro de las tolerancias aceptables de las características de diseño deseadas.

- 15 Tradicionalmente los muelles helicoidales se diseñan en base a estáticas simples con el factor de corrección de Wahl para compensar la tensión por el efecto de la curvatura. Sin embargo, esta teoría se desarrolló asumiendo un ángulo de paso cero en todo el muelle. A medida que se desarrollaron materiales altamente resistentes, se diseñaron intencionadamente muelles helicoidales con menos espiras para utilizar eficientemente la capacidad de los nuevos materiales altamente resistentes. En consecuencia, el ángulo de paso de los muelles helicoidales se incrementó y los cálculos simples basados en la estática ya no proporcionaban los resultados de diseño con una precisión suficiente.

- 20 En 1990 se hizo popular el diseño de muelles helicoidales en base al Análisis de Elementos Finitos (AEF) incluyendo una estimación de la Posición de Línea de Fuerza (PLF) como modo de cumplir con la demanda creciente de una mayor precisión de diseño. La velocidad creciente de los ordenadores ayudó todavía más a la aplicación del AEF en los métodos de diseño de muelles helicoidales. Debido a que el AEF es un método de cálculo no reversible, se debe desarrollar un modelo de AEF de un muelle que consiste en una distribución de la altura y del radio en un estado del muelle no cargado (libre). A continuación se comprime el modelo del muelle utilizando el AEF para comprobar si las características del muelle cumplen todos los requisitos de diseño, como son la constante del muelle, la carga, la PLF, la tensión, el perfil deformado, etc. Si resulta que según el AEF no se cumplen los requisitos de especificación de diseño, se modifica el perfil libre mediante la predicción del efecto de la modificación sobre las características del muelle en estado deformado, como se muestra en la Fig. 1. Esta modificación es realizada por un diseñador que, con amplia experiencia, desarrolla el sentido de cómo una modificación particular podría conseguir el cambio deseado.

- 25 El AEF convencional basado en un proceso de diseño de muelles helicoidales requiere una capacidad y una experiencia amplias para un diseño rápido y optimizado. Así, el perfil sin carga resultante depende del diseñador individual y es difícil duplicar el mismo diseño en cualquier momento, incluso si se trata del mismo diseñador con los mismos requisitos.

- 30 Aunque el método de diseño de muelles helicoidales basado en AEF proporciona más capacidad para evaluar problemas en la fase de diseño, agrava las dificultades del diseño y favorece los diseños dependientes del diseñador.

- 40 La presente invención proporciona un método de diseño de muelles helicoidales basado en AEF independiente del diseñador, rápido y estable, así como una forma de muelle ideal.

*Descripción de la invención*

- 45 De acuerdo con diferentes propiedades, características y realizaciones de la presente invención, que resultarán evidentes a medida que avanza la descripción de la misma, la presente invención proporciona un método informatizado para diseñar muelles helicoidales en estado libre, muelles que tendrán las características deseadas de muelle al comprimirse, método que implica los pasos de:

- 50 a) Determinar las características de compresión de diseño de un muelle helicoidal incluyendo al menos un perfil de compresión diseñado y una posición de línea de fuerza diseñada.  
 b) Elegir un perfil inicial libre para el muelle helicoidal.

- c) Comprimir el perfil libre del muelle helicoidal utilizando un análisis de elementos finitos para obtener perfiles comprimidos.
- d) Comparar las características del muelle comprimido del paso c) con las características de compresión de diseño del paso a) y
- 5 e) Repetir los pasos c) y d) después de aplicar un ajuste al perfil previo del muelle sin comprimir hasta que las características del perfil del muelle comprimido en el paso c) estén dentro de las tolerancias aceptables de las características deseadas de compresión de diseño del paso a).

La presente invención proporciona además un método de diseño para un muelle helicoidal en estado libre, muelle que tiene las características de muelle deseadas después de la compresión, comprendiendo el método los pasos de:

- a) Determinar las características de compresión de diseño deseadas de un muelle helicoidal, incluyendo al menos un perfil de compresión diseñado y una posición de línea de fuerza diseñada.
- b) Elegir un perfil inicial libre para el muelle helicoidal.
- 15 c) Comprimir el perfil libre del muelle helicoidal utilizando un análisis de elementos finitos para obtener perfiles comprimidos.
- d) Comparar el perfil de compresión resultante con el perfil de compresión diseñado.
- e) Repetir los pasos c) y d) después de realizar un ajuste del perfil de muelle previo sin comprimir hasta que el perfil de compresión resultante del paso d) esté dentro de las tolerancias aceptables del perfil de compresión diseñado.
- 20 f) Comparar la posición de la línea de fuerza del perfil de muelle comprimido con la posición de línea de fuerza del diseño.
- g) Repetir los pasos c) y f) después de realizar un ajuste en el perfil de muelle previo sin comprimir hasta que la posición de la línea de fuerza del paso f) esté dentro de las tolerancias aceptables de la posición de línea de fuerza del diseño y
- 25 h) Repetir los pasos c)-g) hasta que el perfil de compresión del paso d) esté dentro de las tolerancias aceptables del perfil de compresión del diseño y la posición de la línea de fuerza del paso f) esté dentro de las tolerancias aceptables de la posición de línea de fuerza del diseño.

La presente invención proporciona también muelles helicoidales que se producen mediante los métodos de diseño, muelles helicoidales que tienen una forma ideal en términos de resistencia y peso.

### 30 *Breve descripción de las figuras*

La presente invención se describe en referencia a las figuras adjuntas, que representan únicamente ejemplos no limitativos, en ellas:

- Figura 1: diagrama de flujo que muestra un proceso tradicional de diseño de muelles helicoidales.
- 35 Figura 2: diagrama de flujo que muestra un proceso para diseñar muelles helicoidales de acuerdo con una realización de la presente invención.
- Figura 3: diagrama de flujo detallado que muestra cómo se realiza el ajuste del perfil de compresión de acuerdo con una realización de la presente invención.
- Figura 4: ensayos de movimiento por inclinaciones específicas del asiento a una altura 1G.
- Figura 5: representa la relación entre la inclinación del asiento y la PLF.
- 40 Figura 6: modificación del perfil libre en base a una inclinación del asiento estimada obtenida en el ensayo de movimiento de PLF a una altura 1G.
- Figura 7: diagrama de flujo detallado que muestra cómo se realiza el ajuste de la PLF de acuerdo con una realización de la presente invención.
- 45 Figuras 8a y 8b: perfiles preparados al inicio de una repetición del diseño para un perfil libre inicial (Fig. 8a) y un perfil de compresión diseñado (Fig. 8b).
- Figuras 9a-9c: representan cómo se modifica progresivamente el perfil libre en base a la diferencia de los perfiles de compresión durante un proceso de iteración.
- Figura 10: resultados del ensayo de inclinación del asiento a una altura de 1G.
- Figura 11: modificaciones del perfil libre basadas en un desplazamiento del punto de unión debido a la inclinación del asiento.
- 50 Figura 12: muestra cómo se desplaza la PLF durante sucesivas iteraciones.
- Figura 13: un ejemplo del historial de convergencia de un diseño de muelle empleando el método de la presente invención.
- Figura 14a: distribución resultante de altura y radio de un muelle diseñado de acuerdo con la presente invención.
- 55 Figura 14b: vista lateral de los perfiles libres con el eje central de la espiral de un muelle diseñado de acuerdo con la presente invención.

Figura 14c: vista superior del perfil libre con el eje central de la espiral de un muelle diseñado de acuerdo con la presente invención.

Figura 14d: vista lateral del estado de compresión de un muelle diseñado de acuerdo con la presente invención.

5 *Mejor forma de realización de la invención*

10 La presente invención se refiere a un método para el diseño automatizado, optimizado e independiente del diseñador de muelles helicoidales. El método de la presente invención conlleva un nuevo concepto para el diseño de muelles helicoidales basado en AEF empleando un concepto basado de ingeniería inversa que comprende en primer lugar diseñar un perfil de compresión deseado que constituye típicamente un resultado final del diseño convencional basado en un AEF y después determinar de forma inversa el correspondiente perfil libre necesario para la fabricación de un muelle con las especificaciones de rendimiento requeridas. Tal como se utiliza aquí, el estado del perfil de compresión significa la altura de un muelle en estado comprimido al máximo y el perfil de compresión es el perfil del muelle a la altura de compresión teórica.

15 De acuerdo con la presente invención, en primer lugar se diseña el perfil ideal deformado del muelle y a continuación se determina inversamente el perfil libre correspondiente único mediante repeticiones automatizadas del AEF para cumplir los requisitos de diseño/especificación. Mediante el escaneo del número total de espiras en cierto rango para el perfil de muelle deformado diseñado en la primera etapa, se puede seleccionar el diseño óptimo del muelle en cuanto a peso, resistencia y posibilidad de fabricación.

20 El método de la presente invención elimina la subjetividad del diseñador, que puede resultar en una dificultad de reproducibilidad del diseño, así como en un diseño dependiente del diseñador. Además, el método de la presente invención consigue un diseño para el muelle óptimo en cuanto a la tensión, el peso y la forma deformada. Además, el método de la presente invención proporciona un sistema de diseño automatizado que puede llevarse a cabo fácilmente por personas que no tienen una práctica extensa o experiencia en el diseño de muelles helicoidales.

25 Los requisitos típicos de los muelles helicoidales en los automóviles incluyen la constante del muelle, la carga y la PLF (todo a una altura 1G) deseadas, ningún sin contacto espira-espira en todo el recorrido del muelle (especialmente una altura de compresión) y ninguna interferencia con otros componentes alrededor del muelle (especialmente a la altura de compresión).

30 Todos los requisitos se especifican bajo las condiciones de muelle comprimido y no en condiciones de libre. Por tanto, los presentes inventores teorizan que sería mejor para los diseñadores si primero se diseñaran los perfiles de compresión ideales y a continuación se determinara el perfil libre correspondiente al perfil de compresión diseñado como una forma de cumplir todos los requisitos. En teoría, si se fija el perfil de compresión y la reacción del muelle con un cierto número de espiras, existe un único perfil libre correspondiente. La presente invención se dirige a un método que determina inversamente el perfil libre que permite el perfil de compresión diseñado ideal con un único ajuste del algoritmo para la PLF basado en una iteración automática del AEF.

40 La figura 2 es un diagrama de flujo que ilustra los pasos del diseño de los muelles helicoidales de acuerdo con una realización de la presente invención. La figura 2 muestra un desarrollo general del diseño del presente método. En primer lugar, se determina la cantidad inicial total de espiras y el diámetro del alambre de un muelle helicoidal mediante datos estáticos basados en cálculos simples con el factor de corrección de tensión de Wahl para cumplir los requisitos finales del muelle como se muestra en los bloques 1-3 de la figura 2. El perfil de compresión ideal mostrado en el bloque 4 de la figura 2 se diseña en base a los requisitos de información dimensional y espacio de empaquetadura del muelle a la vez que se maximiza la distancia espira-espira.

45 A la vez se crea automáticamente un perfil libre inicial arbitrario (véase el bloque 5) sin tener en cuenta las características del muelle basadas en la información dimensional básica obtenida en los bloques 1-3 de la figura 2. El perfil libre inicial, que podría ser similar a un perfil inicial utilizado por un diseñador tradicional, se corregirá durante la optimización en el ciclo de diseño según se explica más adelante.

50 En el siguiente paso, mostrado en los bloques 6 y 7 de la figura 2, se comprime el perfil libre inicial hasta alcanzar el estado de compresión (o comprimido) del AEF y se corrige a continuación mediante la comparación del perfil de compresión deformado con el perfil de compresión ideal diseñado con un ajuste de la carga a 1G. Después de determinar el perfil libre que corresponde al perfil de compresión ideal se conmuta el proceso para ajustar la PLF en el bloque 8. Debido a las modificaciones del perfil en este paso (bloque 8) es posible que se modifique el perfil de compresión frente al perfil de compresión ideal.

Correspondientemente, se repiten los pasos representados en los bloques 7 y 8 alternativamente hasta que se cumpla tanto el perfil libre correspondiente al perfil de compresión ideal como el ajuste de la PLF.

5 Como se muestra en la figura 2, los bloques 4-8 están incluidos en un bucle interno que se realiza un número fijo de espiras y un diámetro específico del alambre. Para optimizar la tensión y el peso, el método de la presente invención puede cambiar el número total de espiras y el diámetro del alambre dependiendo del resultado del AEF en el bloque 9.

10 La figura 3 es un diagrama de flujo detallado que muestra cómo se realiza el ajuste del perfil de compresión de acuerdo con una realización de la presente invención. Dado que el perfil libre inicial se crea de modo automático y arbitrario, el perfil comprimido con la compresión será diferente del perfil de compresión ideal diseñado para la primera iteración. La diferencia en la distribución de altura y radio del perfil comprimido en compresión y el perfil comprimido ideal diseñado puede determinarse individualmente mediante substracción del resultado del AEF del perfil de compresión ideal. El perfil libre se actualiza mediante la superposición de esta diferencia sobre el mismo. Al mismo tiempo también se escala también el perfil libre con el fin de ajustar la carga de 1G resultante a los requisitos. La magnitud de la escala se puede calcular en base a la constante del muelle obtenida a partir del resultado del AEF. Después de modificar el perfil libre, se comprime el mismo de nuevo utilizando el AEF. Este proceso se repite hasta que tanto la diferencia del perfil de compresión entre el ideal y el AEF como la diferencia de carga a 1G diana y el AEF satisfagan las tolerancias deseadas predeterminadas.

20 La figura 4 ilustra ensayos de movimiento por inclinaciones específicas del asiento a un altura 1G. Se supone que el requisito de la PLF es dado a la altura 1G. Debido a que la PLF se considera el centro de presión de la fuerza de contacto entre el asiento y la espiral, ésta se puede ajustar inclinando el asiento superior e inferior para cambiar la distribución de la fuerza de contacto a una altura 1G, como se muestra en la figura 4.

Para los fines de la presente invención, la PLF se expresa como un vector de cuatro elementos, es decir X superior, Y superior, X inferior e Y inferior.

25 
$$\mathbf{P}_i = [u_{xi} \quad u_{yi} \quad l_{xi} \quad l_{yi}]$$

donde el subíndice i representa la condición de la PLF como se muestra en la tabla 1.

Tabla 1: Representación del subíndice i

i	Condición (altura 1G)
0	PLF original (sin inclinación de asiento adicional)
1	PLF ensayado con inclinación del asiento superior individual en el eje X
2	PLF ensayado con inclinación del asiento superior individual en el eje Y
3	PLF ensayado con inclinación del asiento inferior individual en el eje X
4	PLF ensayado con inclinación del asiento inferior individual en el eje Y
T	PLF objetivo

30 Con el fin de comprobar la relación entre la inclinación del asiento y el movimiento de la PLF durante la presente invención, se realizó un ensayo previo con incrementos de rotación de 5 grados aplicados por separado al asiento superior e inferior como se muestra en la figura 5, que muestra la relación entre la inclinación del asiento y la PLF. Se puede concluir de los resultados que la relación puede aproximarse a una relación lineal.

35 Esto significa que se puede estimar una magnitud de desplazamiento de la PLF escalando los resultados de la inclinación de la unidad de asiento. Mediante el ensayo de la magnitud del desplazamiento de la PLF con la inclinación del asiento en los ejes X e Y, aplicada por separado al asiento superior e inferior, se puede estimar la inclinación necesaria del asiento y su dirección para desplazar la PLF actual con el fin de alcanzar el valor objetivo mediante una combinación lineal de cada resultado del ensayo de inclinación individual del asiento con el peso  $\theta_i$ .

40 
$$\mathbf{P}_i = \mathbf{P}_0 + \sum_{i=1}^4 \theta_i \cdot \Delta \mathbf{P}_i \quad (1)$$

donde  $\Delta \mathbf{P}_i$  es la magnitud del desplazamiento de la PLF debido a cada inclinación individual del asiento con respecto a la PLF original ( $\Delta \mathbf{P}_i = \mathbf{P}_i - \mathbf{P}_0$ ) y  $\theta_i$  es la inclinación necesaria del asiento para la i-ésima condición.

Una vez se han estimado las inclinaciones de asiento necesarias mediante la solución del método de ecuaciones lineales (1) anterior, se puede estimar el desplazamiento de cada nodo en el muelle debido a la inclinación estimada del asiento aplicando la misma combinación lineal al movimiento del nodo que en el ensayo de inclinación del asiento individual. A continuación se sustrae del perfil libre cada desplazamiento determinado del nodo, de modo que se deformará de forma opuesta a la inclinación del asiento al altura 1G. Esto significa que los puntos de contacto fuertes producidos por el asiento inclinado como se muestra en la figura 4 permanecen en la misma posición con los asientos originales. En otras palabras, la distribución de la fuerza de contacto producida por la inclinación del asiento a una altura 1G debería realizarse parcialmente modificando el perfil libre sin necesidad de inclinar los asientos, como se puede ver en la figura 6, que muestra la modificación del perfil libre con una inclinación de asiento estimada obtenida en el ensayo de desplazamiento de la PLF a un altura 1G.

Mediante la iteración del proceso de ajuste de la PLF, ésta cumplirá finalmente el valor objetivo con una tolerancia predeterminada deseada. En la figura 7 se resume el desarrollo del ajuste de la PLF, es un diagrama de flujo detallado que ilustra cómo se realiza el ajuste de la PLF de acuerdo con una realización de la presente invención.

De acuerdo con una realización de la presente invención, se puede emplear en el proceso un sistema experto para modificar el número total de espiras y el diámetro del alambre en base efectivamente en los resultados del AEF. En una realización simplificada, el sistema puede explorar simplemente el número total de espiras mientras se cambia el diámetro del alambre dentro de cierto rango. El mejor perfil para cada número de espiras se determina en el bucle de diseño y se seleccionará uno de los perfiles desde el punto de vista de la resistencia y del peso.

A continuación se describe un ejemplo de un muelle diseñado empleando el presente método. En primer lugar, se muestra el proceso de ajuste del perfil. En las figuras 8a y 8b se muestran el perfil libre inicial y el perfil de compresión diseñado, que constituyen perfiles preparados al inicio de la iteración de diseño para un perfil inicial libre (fig. 8a) y un perfil de compresión diseñado (fig. 8b). Dado que este ejemplo es para una aplicación de apoyo con un asiento inferior inclinado y desplazado, se diseñó el perfil de compresión para seguir el perfil del asiento inferior así como para maximizar la distancia entre espiras. Esta es la razón del perfil ondulado mostrado en la figura 8b.

Las figuras 9a-9c muestran progresivamente cómo cambia el perfil libre según la diferencia entre los perfiles de compresión durante un proceso de iteración. Como se puede observar, existe una gran diferencia desde el perfil de compresión de la primera iteración que converge gradualmente a medida que aumenta el número de iteraciones.

Una vez las iteraciones sucesivas han resultado en el perfil de compresión diseñado a partir del perfil libre, el proceso pasa al proceso de ajuste de la PLF. La figura 10 muestra los resultados del ensayo de inclinación del asiento a una altura 1G. Para mejorar el movimiento de la PLF debido a la inclinación del asiento, se aplican en este caso rotaciones de 3 grados alrededor de los ejes X e Y más que una inclinación del asiento (individual) de un grado.

La combinación lineal de los resultados arriba indicados produce las inclinaciones de asiento necesarias para desplazar la PLF original hacia la posición deseada. Las inclinaciones de asiento se determinan en este ejemplo como sigue:

$$\theta_i (i = 1 \sim 4) = -8.5, -1.2, 18.4, -3.1 \text{ [grado]}$$

En la figura 11 se muestra la modificación del perfil libre basada en el desplazamiento del nodo debido a la inclinación del asiento desde la primera iteración del ajuste de la LPF. El perfil libre modificado se comprime entonces hasta una altura 1G siguiendo el flujo mostrado en la figura 8.

La figura 12 muestra cómo se desplaza la LPF durante las sucesivas iteraciones. Como se puede ver en el ejemplo mostrado, la LPF superior y la LPF inferior incluso se alejan de sus valores objetivos respectivos durante las iteraciones iniciales y alcanzan finalmente los valores de tolerancia aceptables mostrados.

La figura 13 muestra el historial de la convergencia de todo el sistema según los siguientes criterios:

Tolerancia de altura de compresión teórica: objetivo  $\pm 1$  mm  
 Tolerancia del radio del perfil de compresión teórica: objetivo  $\pm 2$  mm  
 Tolerancia de carga a 1G: objetivo  $\pm 100$ N

Tolerancia de la PLF:

objetivo  $\pm 5$  mm

5 Debido a que el método de la presente invención ajusta el perfil de compresión y la PLF por separado, la PLF puede empeorar, según se muestra más arriba, durante el ajuste del perfil de compresión y viceversa. Sin embargo, ambas convergen finalmente hacia el objetivo deseado a medida que aumenta el número de iteraciones. En el ejemplo mostrado converge todo el buche de diseño en un tiempo de computación de tres minutos.

10 En las figuras 14a – 14d se muestra la distribución de altura/radio resultante y el perfil 3D libre con el eje central y en estado de compresión. El eje central se determinó uniendo los puntos centrales de tres intersecciones adyacentes en el muelle. Como se puede ver, el perfil libre determinado por el método de diseño de la presente invención no tiene ninguna característica geométrica notable tal como una curvatura parametrizable del eje central de la espiral, distribución de radio y altura periódicos. Sin embargo, el método produce un perfil único y óptimo que hace posible el perfil de compresión óptimo diseñado al vez que cumple todos los demás requisitos para muelles. Mientras que el final del muelle se crea mediante la inclinación del asiento del muelle a una altura 1G, no existe ningún requisito en cuanto a que el plano del final del muelle sea matemáticamente inclinado desde el plano del asiento en estado libre. La configuración del final del muelle dependerá, más bien, de cómo se deforma el final del muelle sobre el asiento durante el ensayo individual de inclinación del asiento. Por tanto, la forma del muelle debe darse siempre como una serie de puntos de medida de la posición del nodo para la distribución de radio y altura, más bien que como valores geométricos parametrizables. En este sentido, el muelle diseñado según la presente invención difiere de cualquier otra forma de muelle existente.

La figura 14(d) muestra el perfil de compresión comprimido a partir del perfil libre resultante según el AEF. Las espiras 0,75 a 1,25 desde el extremo inferior se han diseñado intencionadamente con una gran inclinación, mientras que el resto de las espiras se diseñan para maximizar la distancia entre espiras, lo que concuerda exactamente con la forma diseñada deseada al principio del buche de diseño.

25 Si en los requisitos no se especifica ninguna PLF, por ejemplo aplicaciones de espiral-sobre-brazo, la PLF teórica puede ajustarse presupuestadamente en el centro del muelle para conseguir una distribución uniforme de la tensión. El método de la presente invención puede extenderse para cumplir más requisitos para muelles durante el desarrollo del diseño a demanda, es decir diferentes requisitos en cuanto a empaquetaduras a diferentes alturas del muelle, limitaciones para la posibilidad de fabricación, etc. El presente método puede aplicarse a diseños de muelles para arrollado en caliente mediante eliminación del ciclo de reacción de distribución del radio en el bloque 7 si el radio no ha de seguir exactamente el perfil de compresión ideal.

35 Aunque la presente invención se ha descrito en referencia a medios, materiales y realizaciones particulares, el técnico en la materia puede determinar fácilmente, en base a la descripción arriba dada, las características esenciales de la presente invención y puede introducir diferentes cambios y modificaciones para adaptar los diferentes usos y características sin salirse del alcance de la misma, descrita en las reivindicaciones.

**Reivindicaciones**

1. Programa que, cuando se ejecuta en un ordenador, provoca que el ordenador ejecute pasos para diseñar un muelle helicoidal en un estado no comprimido, muelle helicoidal que muestra un perfil comprimido necesario en el estado de compresión y tiene una posición de línea de fuerza predeterminada cuando se comprime, comprenden las etapas:
  - a) determinar al menos el perfil comprimido necesario en el estado de compresión y la posición de línea de fuerza cuando el muelle está comprimido, como un perfil comprimido de diseño y una posición de línea de fuerza a conseguir, respectivamente;
  - b) elegir un perfil no comprimido inicial para el muelle helicoidal, que se selecciona en base a una información dimensional básica;
  - c) comprimir el perfil no comprimido utilizando el análisis de elementos finitos (AEF) para obtener un perfil comprimido y una posición de línea de fuerza;
  - d) comparar el perfil comprimido con el perfil comprimido diseñado;
  - e) repetir los pasos c) y d) después de realizar los ajustes al perfil previo no comprimido hasta que la diferencia entre el perfil comprimido y el perfil comprimido diseñado esté dentro de la tolerancia aceptable del perfil comprimido diseñado;
  - f) comparar la posición de la línea de fuerza con la posición de la línea de fuerza objetivo;
  - g) repetir los pasos c) y f), sin repetir los pasos d) y e), después de realizar automáticamente ajustes en el perfil previo no comprimido hasta que la diferencia entre la posición de la línea de fuerza y de la línea de fuerza objetivo esté dentro de la tolerancia aceptable de la posición de la línea de fuerza objetivo; y
  - h) repetir los pasos c) a g) hasta que la diferencia entre el perfil comprimido y el perfil comprimido diseñado esté dentro de la tolerancia aceptable del perfil comprimido diseñado y la diferencia entre la posición de la línea de fuerza y la posición de la línea de fuerza objetivo esté dentro de la tolerancia aceptable de la posición de la línea de fuerza objetivo.
2. Programa según la reivindicación 1, donde el ajuste automático del perfil previo no comprimido del paso e) se realiza separadamente del ajuste automático del perfil previo no comprimido del paso g).
3. Programa según la reivindicación 1, donde el ajuste del perfil previo no comprimido del paso e) y el ajuste del perfil previo no comprimido del paso g) se realizan de modo alterno.
4. Programa de acuerdo con la reivindicación 1, en el que el paso e) comprende un ajuste de las diferencias de altura y radio y un ajuste de la carga.
5. Programa según la reivindicación 1, donde el paso g) comprende un ensayo de inclinación del asiento.
6. Programa según la reivindicación 5, donde dicho ensayo de inclinación del asiento determina una inclinación necesaria del asiento para desplazar una posición de la línea de fuerza hacia la posición de la línea de fuerza objetivo mediante una combinación lineal de cada movimiento de la posición de línea de fuerza debido a la inclinación individual del asiento superior e inferior alrededor de uno o más ejes.
7. Programa según la reivindicación 5, donde se ajusta un perfil no comprimido mediante sustrayendo la diferencia en los perfiles entre el estado antes y después de aplicar dicha inclinación del asiento del perfil previo no comprimido.
8. Programa según la reivindicación 1, donde el perfil inicial no comprimido del paso b) tiene una altura, un número de espiras y un diámetro de alambre predeterminados y el programa comprende además un paso de ajustar, al menos uno de la altura, el número de espiras y el diámetro del alambre.

Fig. 1

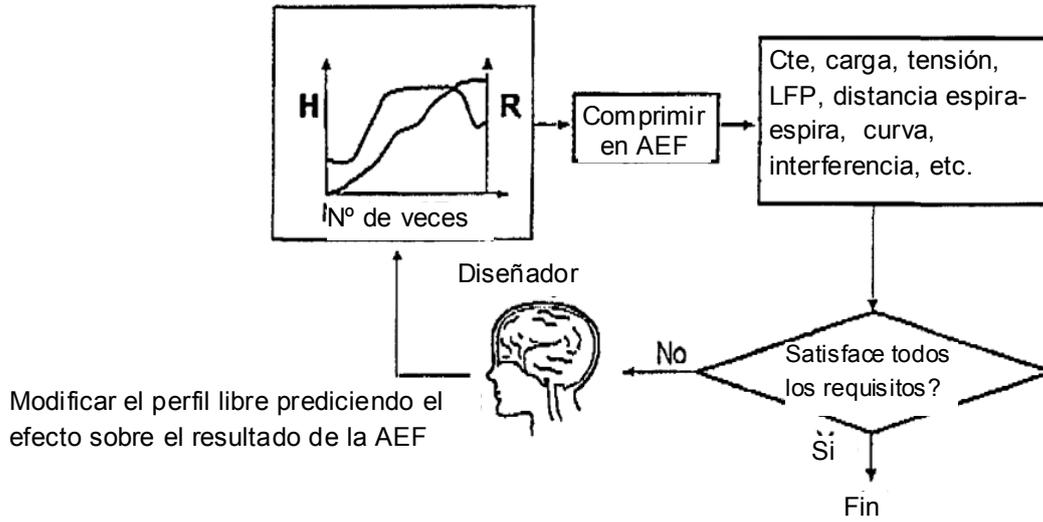


Fig. 2

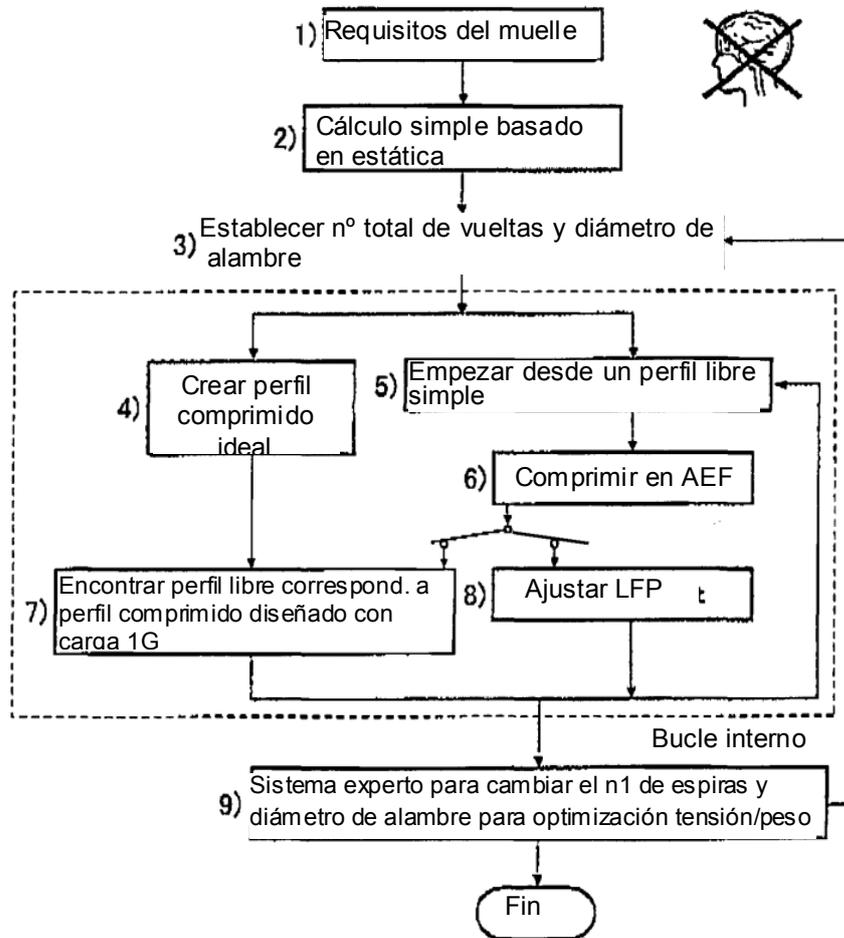


Fig. 3

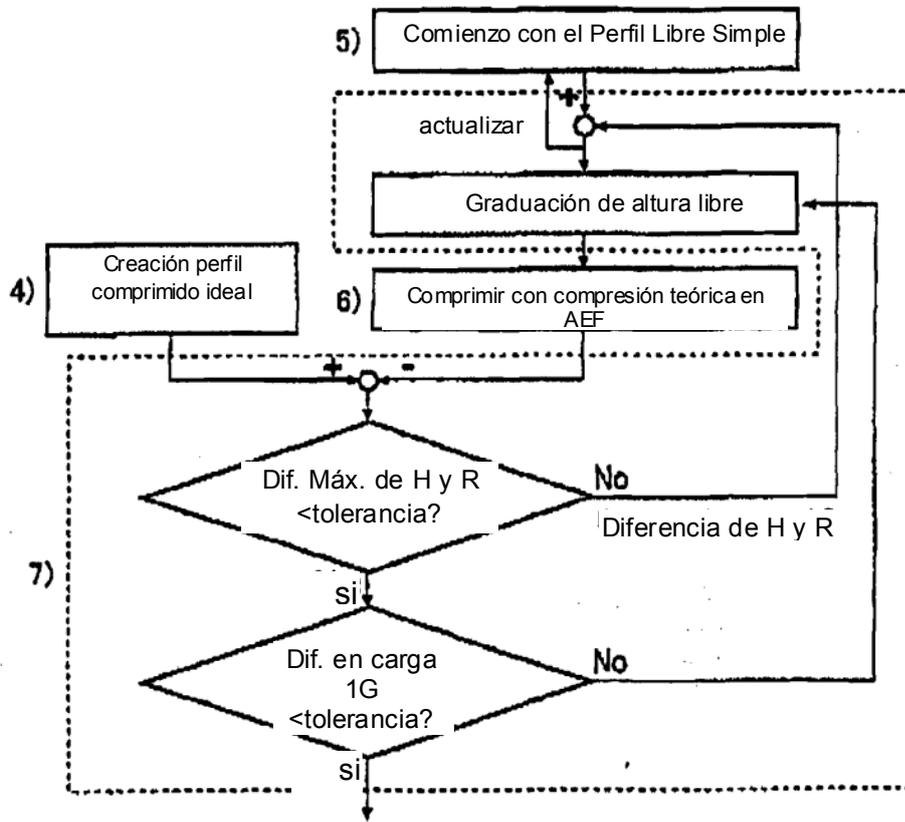


Fig. 4

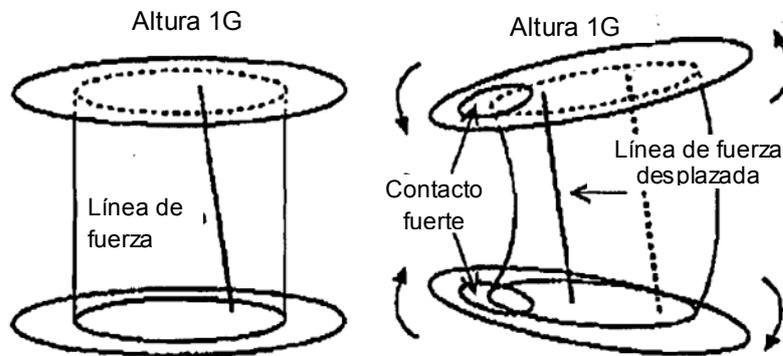


Fig. 5

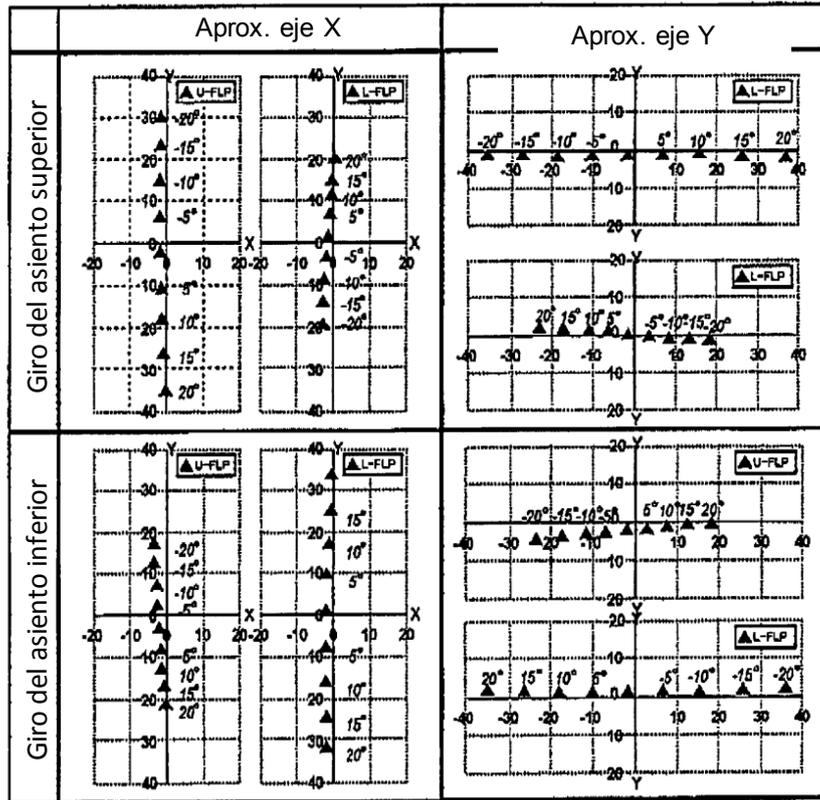


Fig. 6

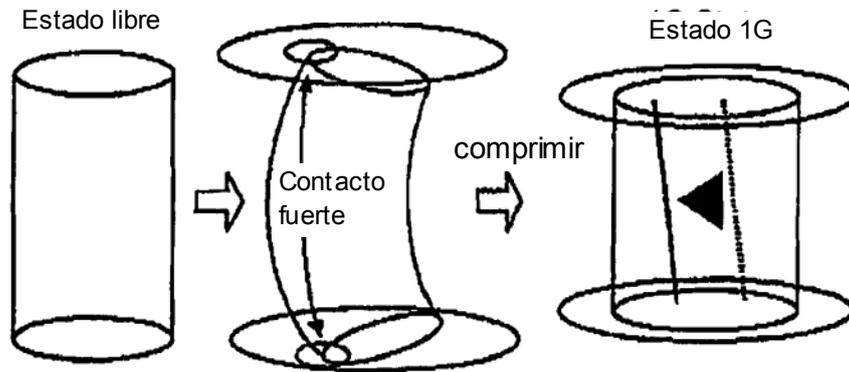


Fig. 7

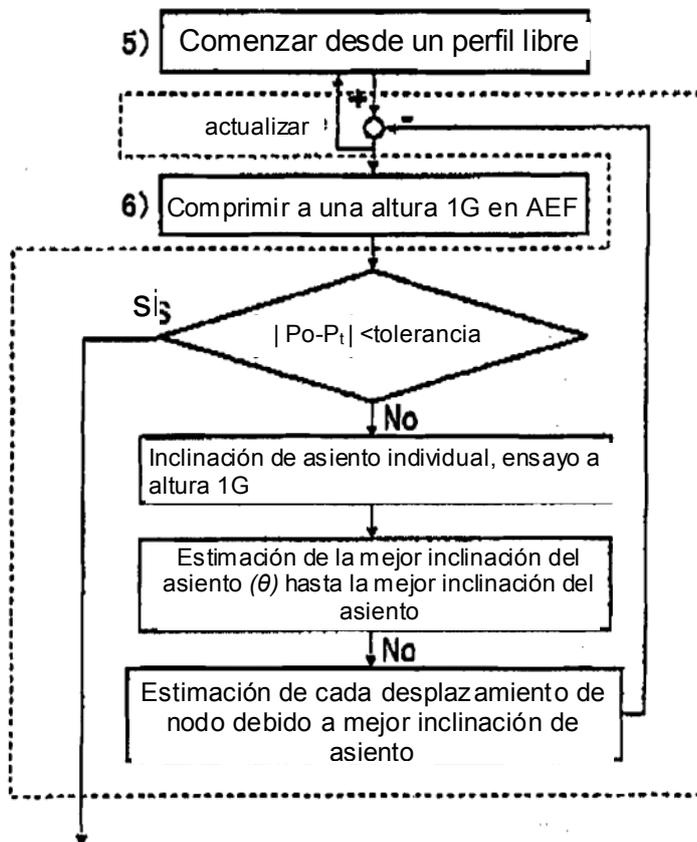


Fig. 8A

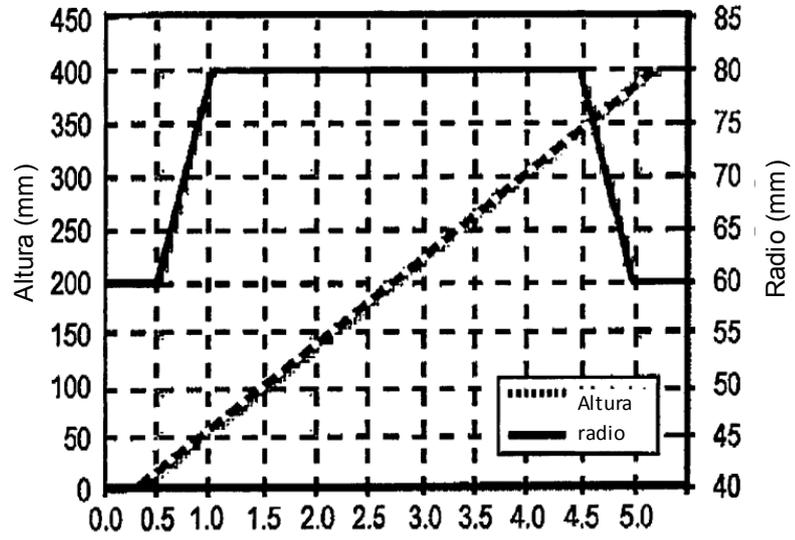


Fig. 8B

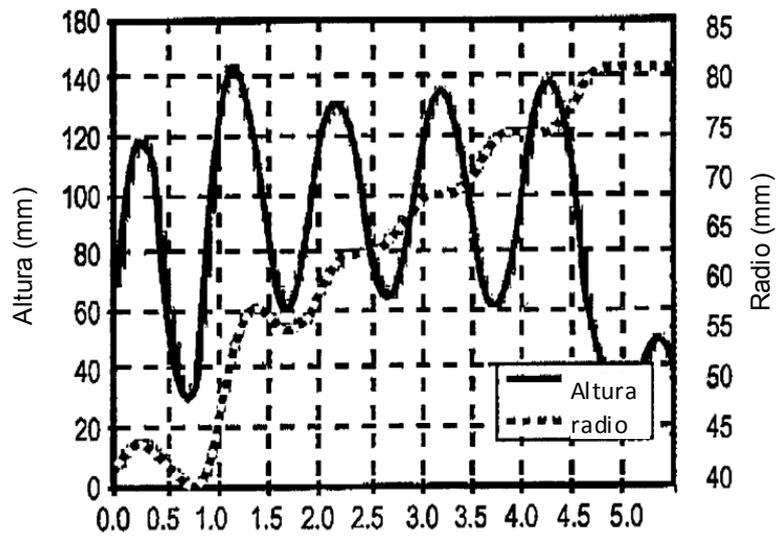


Fig. 9A

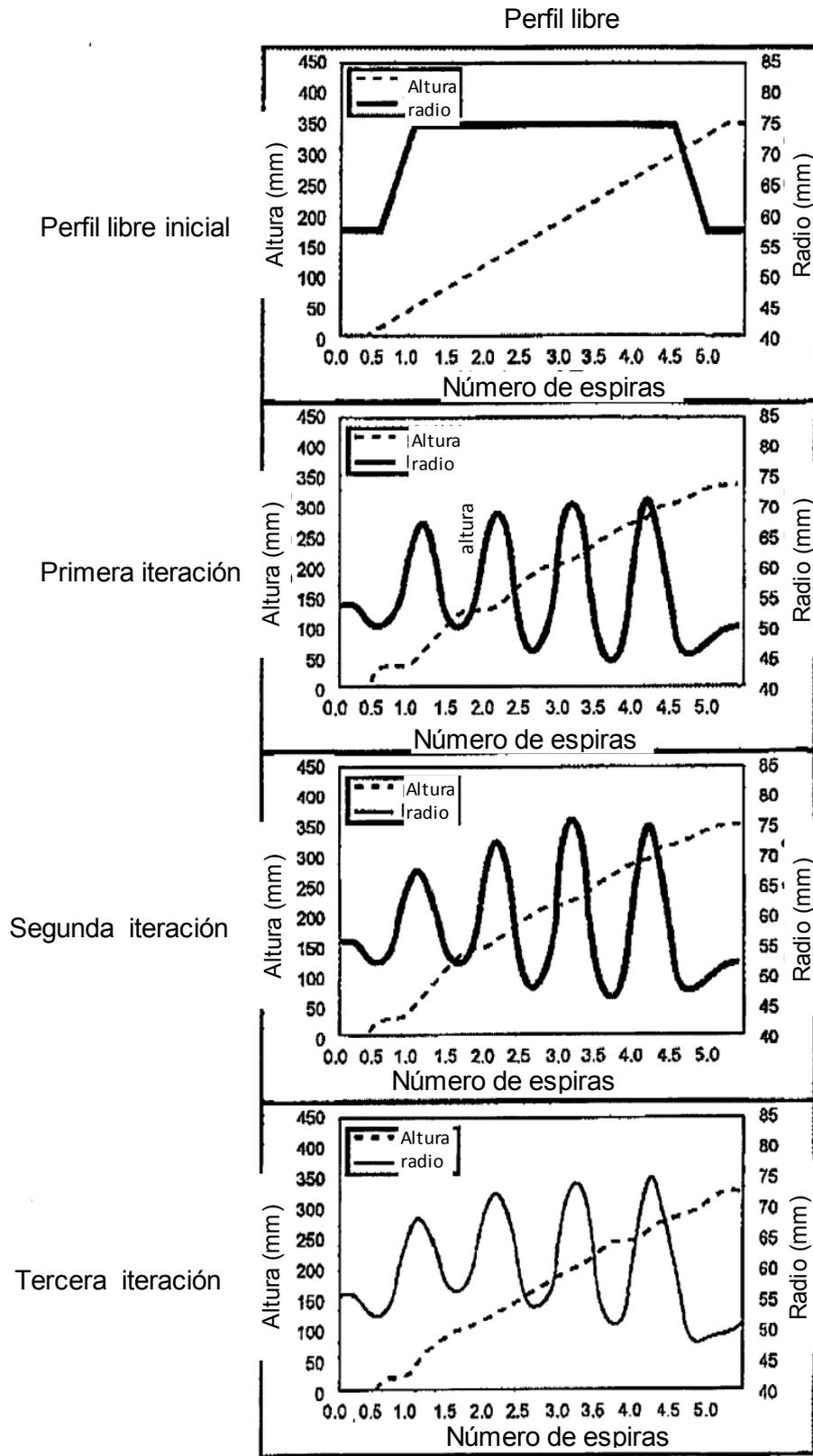


Fig. 9B

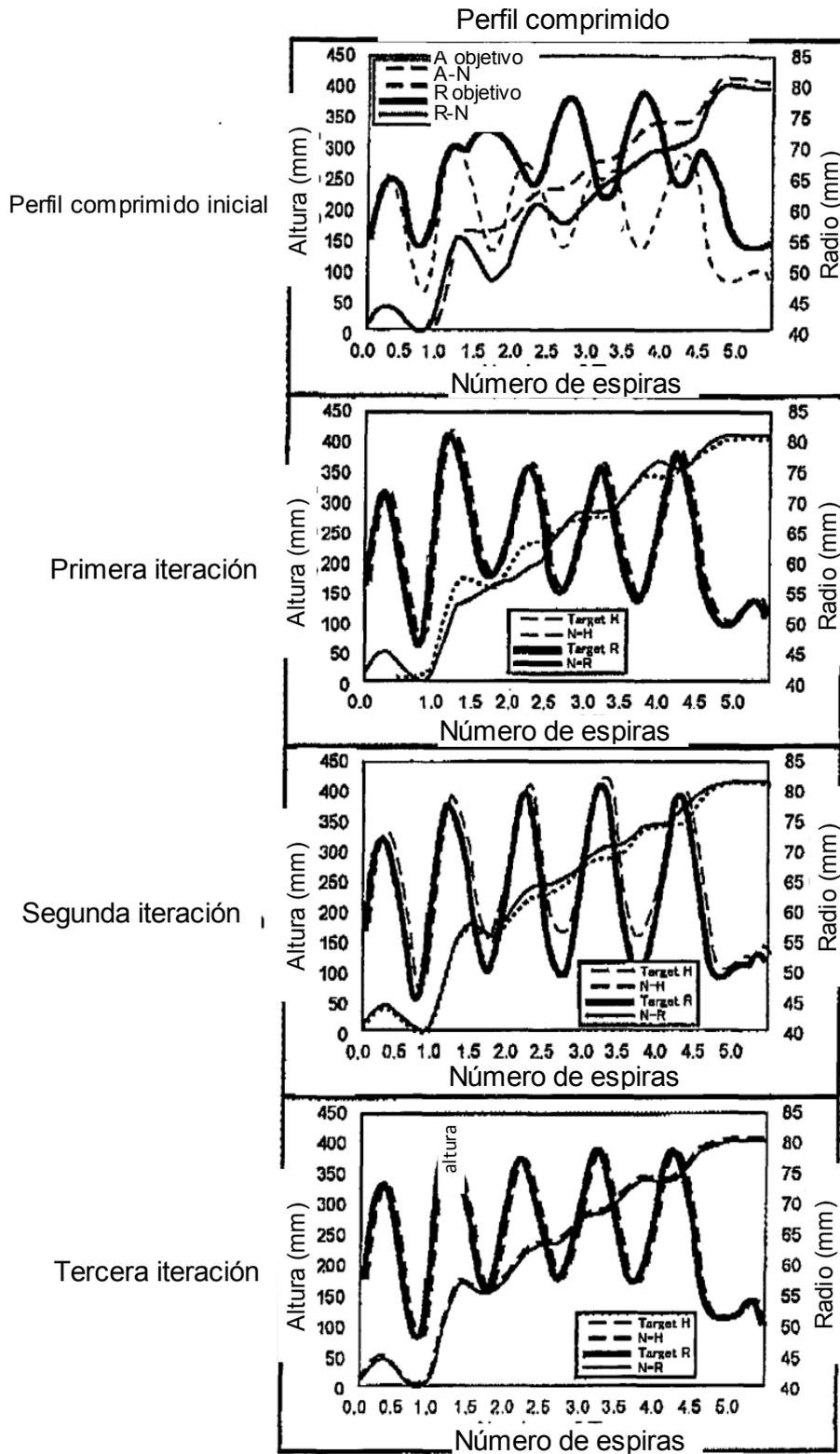


Fig. 9C

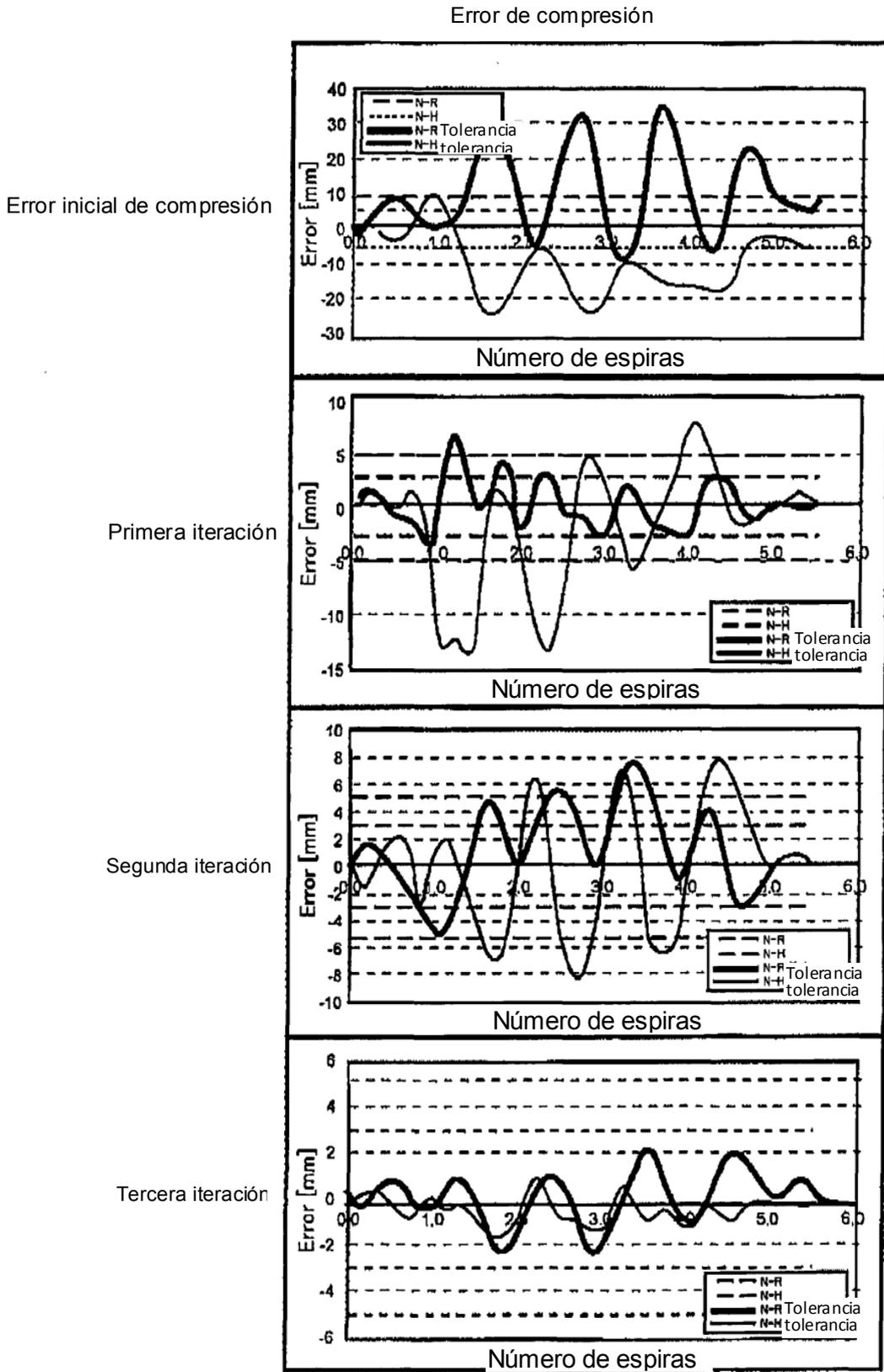


Fig. 10

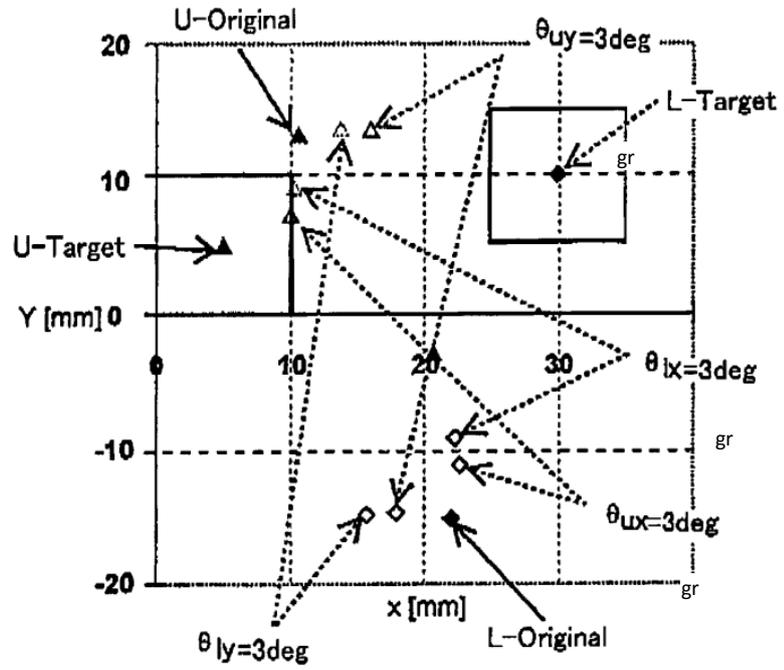




Fig. 12

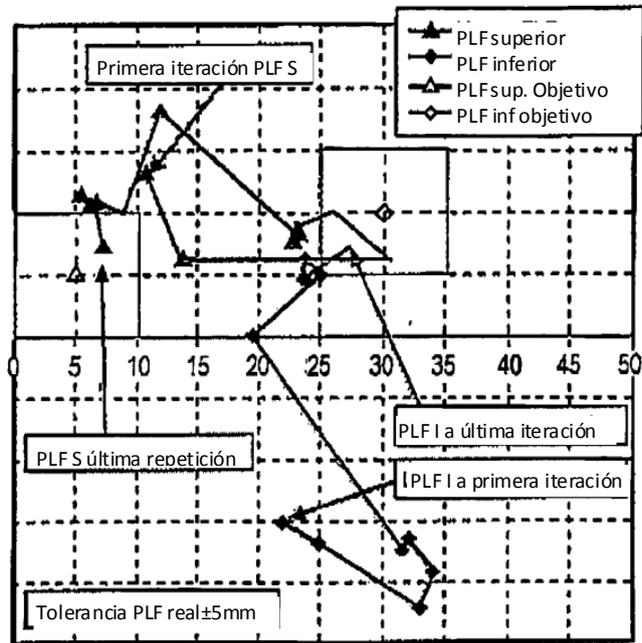


Fig. 13

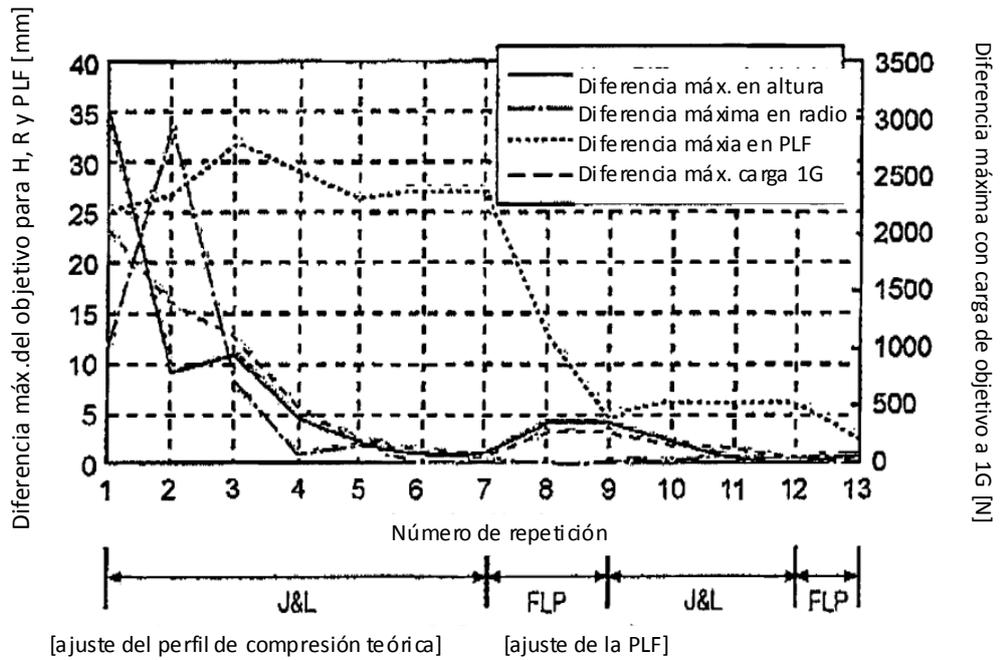


Fig. 14A

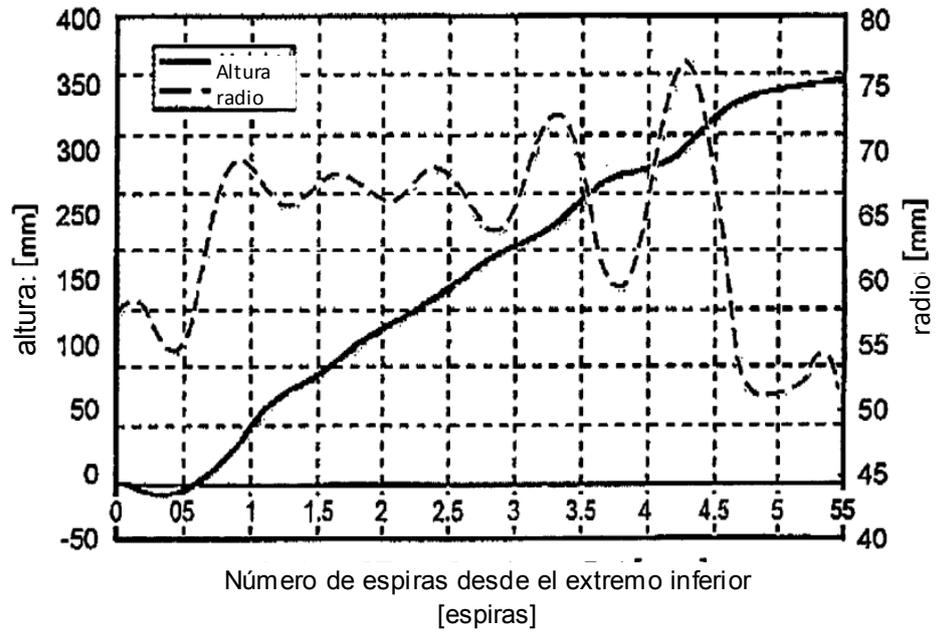


Fig. 14B

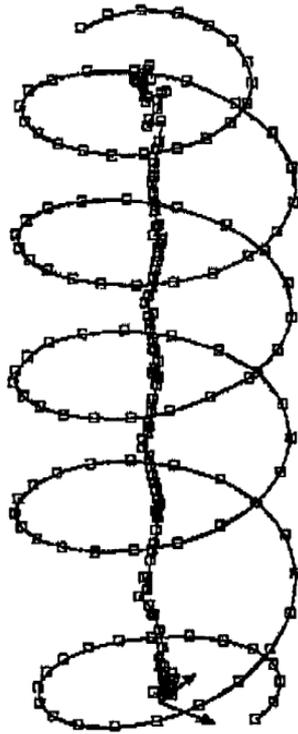


Fig. 14C

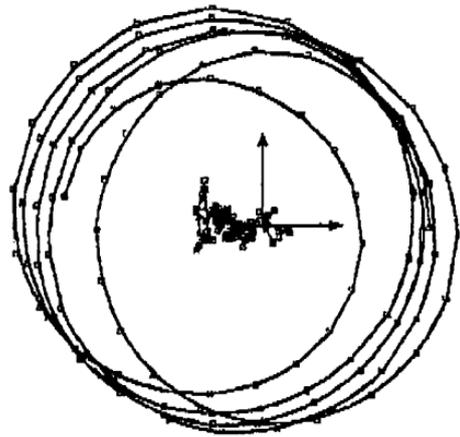


Fig. 14D

