

OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

①① Número de publicación: **2 126 519**

②① Número de solicitud: 009701082

⑤① Int. Cl.⁶: G01P 3/00

①②

PATENTE DE INVENCION

B1

②② Fecha de presentación: **21.05.1997**

④③ Fecha de publicación de la solicitud: **16.03.1999**

Fecha de concesión: **06.10.1999**

④⑤ Fecha de anuncio de la concesión: **01.01.2000**

④⑤ Fecha de publicación del folleto de patente:
01.01.2000

⑦③ Titular/es:
**Universidad Politécnica de Valencia
Camino de Vera, s/n
46071 Valencia, ES**

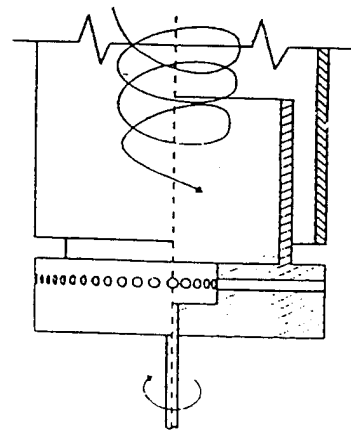
⑦② Inventor/es: **Corberán Salvador, José Manuel**

⑦④ Agente: **No consta**

⑤④ Título: **Dispositivo para la medida del momento cinético angular de una corriente de gas.**

⑤⑦ Resumen:

Dispositivo para la medida del momento cinético angular de una corriente de gas.
Dispositivo para la medida del momento cinético angular de una corriente de gas, que ha pasado por un dispositivo cilíndrico, que le confiere el campo de velocidades necesario para producir un momento angular, consistente en un integrador de vórtice, que recoge el flujo de aire en una pieza cilíndrica giratoria que se adapta a la salida del cilindro donde se produce el citado momento angular, forzando el paso de la corriente a través de una serie de perforaciones radiales situadas en la base del dispositivo, de forma que la pieza recoge todo el momento angular que lleva el aire y lo convierte en un flujo con velocidad relativa de salida radial, por lo que el momento cinético angular del aire a la salida es directamente proporcional al gasto másico circulante, al cuadrado del radio de la sección de salida del integrador de vórtice, y a la velocidad de giro equivalente, la cual es función de la velocidad de giro del integrador de vórtice a través de una expresión donde aparece la corrección debida a la influencia de las pérdidas de rozamiento, que a su vez vienen dadas por un par que puede ser evaluado en este dispositivo con un ensayo de deceleración.



ES 2 126 519 B1

Aviso: Se puede realizar consulta prevista por el artº 37.3.8 LP.

DESCRIPCION

Campo de la técnica

Dispositivo para la medida del momento cinético angular de una corriente de gas.

Generadores de rotacional de una corriente de gas.

Diseño de "pipas" de admisión en motores de combustión interna alternativos.

Banco de flujo estacionario.

Antecedentes

Una de las aplicaciones más importantes de los elementos generadores de rotacional se da en el campo de los motores de combustión interna alternativos. Las pipas de admisión de determinados motores tienen la geometría necesaria para inducir un fuerte movimiento rotacional en el flujo que entra al cilindro. Este movimiento, en la nomenclatura técnica inglesa se denomina *swirl* cuando el eje de rotación es paralelo al del cilindro, y *Tumble* cuando es perpendicular al mismo. El propósito de ello en los motores diesel es favorecer el englobamiento del aire por el chorro de inyección para permitir una buena y rápida combustión del mismo. En los motores de gasolina tiene por propósito el favorecer la homogeneización de la mezcla combustible-aire y favorecer la progresión de la llama, especialmente cuando se pretende utilizar mezclas pobres.

En general el flujo de aire que admite el motor, habiendo pasado por una pipa que le confiere el campo de velocidades necesario para producir un momento angular importante en el interior del cilindro, está caracterizado por la existencia de estructuras turbulentas de escala grande, muy inestables, que confieren una uniformidad escasa tanto a nivel de caudal como de rotacional de la corriente.

Dado que el flujo a través de un motor, aunque tiene carácter periódico, es fuertemente no estacionario debido al movimiento del pistón, la caracterización de los componentes de los sistemas de admisión y escape en laboratorio se realiza casi siempre en condiciones de flujo estacionario, con caudales de aire que corresponden a los que en valor medio circulan por el motor.

Estado de la técnica

Las instalaciones adecuadas para la caracterización de los componentes de los sistemas de admisión y escape se denominan *banco de flujo estacionario*, y consisten en hacer pasar un gasto másico de aire conocido a través del componente a estudio, permitiendo relacionar el valor del gasto con la caída de presión a su través, o con el "swirl" (torbellino) generado por la culata, por ejemplo.

La determinación del momento cinético angular exacto que lleva la corriente entrante al cilindro precisaría de la determinación experimental del campo de velocidades en todo el cilindro y establecer un procedimiento de promediado adecuado. Esto, hoy en día se podría hacer gracias a las técnicas de anemometría puntual existentes, como la *Anemometría Láser Doppler* por ejemplo. Sin embargo, estas técnicas resultan muy lentas y costosas, por lo que no pueden plantearse como técnicas de caracterización, y mucho menos como de posible utilización industrial.

Los dispositivos y procedimientos de caracte-

rización que se utilizan con carácter general en el campo de los motores, fueron introducidos por las dos ingenierías más importantes de este campo: RICARDO Consulting (Reino Unido) y AVI, (Austria), que se describen de una manera sucinta a continuación:

Método del molinete de palas

La metodología más antigua es la que basa la determinación del momento angular en la medida de la velocidad de rotación de un molinete (constituido por unas palas planas situadas a un cierto radio de un eje, que se coloca en el centro del cilindro y paralelo a la dirección del mismo (ver figura 1). La medida se basa en la suposición de que las palas se ponen a girar a la misma velocidad a la que lo hace el aire que entra al cilindro, y en la de que el movimiento de rotación es parecido al de la rotación de un sólido rígido. Bajo estas suposiciones, el momento cinético angular de la corriente resulta proporcional a la velocidad angular de rotación del molinete.

Esta técnica es por supuesto la más simple y la que más se ha utilizado, y aparte de la citada simplicidad aporta también como ventaja, el que si las dimensiones del dispositivo son adecuadas la interferencia que su presencia provoca en el flujo es mínima y por lo tanto la caracterización de otros parámetros, como puede ser la sección efectiva del conjunto pipa-válvula, puede realizarse simultáneamente.

Varios son los inconvenientes que plantea la técnica del molinete. De entre ellos cabe destacar que la forma de las paletas, sus dimensiones, y posición respecto al eje del cilindro condicionan el valor obtenido puesto que las suposiciones aceptadas acerca del flujo no se cumplen en la realidad, resultando en la práctica que el movimiento real de entrada dista bastante de un vórtice forzado teniendo una estructura muy compleja sobre todo cerca de la culata. Así mismo, la medida con este dispositivo se ve muy condicionada por las pérdidas de rozamiento que se producen en los rodamientos del instrumento, dependiendo dichas pérdidas del estado de los mismos, y siendo muy difíciles de estimar con precisión. Todo ello se traduce finalmente en una considerable falta de repetitividad en los resultados, sobre todo cuando se comparan resultados de ensayos bastante separados en el tiempo

Método del nido de abeja

El otro método utilizado consiste en medir el par de vuelco que provoca el flujo a su paso por un panel de nido de abeja situado a la salida del cilindro, que tiene los canales interiores orientados en la dirección del mismo (Ver figura 2). El panel no tiene posibilidad de desplazamiento axial, y el giro le es impedido por un instrumento de medida del par de vuelco, normalmente por una célula de carga extensiométrica. Dado que el flujo debe salir del panel con velocidad axial, debido a la orientación de los canales interiores, no posee momento angular a su salida y por tanto el momento cinético angular que el flujo llevaba a la entrada coincide con el que se mide en la célula de carga, salvo el par de rozamiento, que dado que no hay movimiento se puede considerar despreciable.

Este método es a todas luces muy adecuado,

presentando como inconveniente más importante el de las dificultades que plantea la medida de un par de tan poca entidad, cuando además, al ser el flujo fuertemente turbulento se producen vibraciones relativamente importantes. Adicionalmente, se puede atribuir también como desventajas, la complejidad del mismo, su alto coste y sobre todo, el que este tipo de elementos son muy delicados, requiriendo una continua calibración. Por todo ello, su utilización a nivel industrial no está exenta de problemas prácticos. De nuevo, la falta de repetitividad pasa a ser el inconveniente más grave.

Una descripción más detallada de estas técnicas puede verse en:

* Tippelman, G., *A New Method of Investigation of Swirl Ports*, SAE Paper 770404. 1977.

* Heywood, John B., *Internal Combustion Engines*, McGraw Hill, 1989.

Breve descripción de la invención

El método del molinete de palas, aparte de los inconvenientes apuntados anteriormente, presenta otros que conviene destacar aquí para comprender la novedad de la presente invención. En primer lugar, cabe destacar que, como se ha señalado, la forma de las paletas, sus dimensiones, y posición respecto al eje del cilindro (o conducto en general) condicionan el valor obtenido puesto que las suposiciones aceptadas acerca del flujo no se cumplen en la realidad, resultando en la práctica que el movimiento real de entrada dista bastante de un vórtice forzado, teniendo una estructura muy compleja, sobre todo cerca de la culata.

Para ilustrar este hecho conviene recordar el concepto de *coeficiente de torbellino*: si w_a es la velocidad de rotación del aire suponiendo rotación de sólido rígido, el citado coeficiente N_d/N se define como:

$$\frac{N_d}{N} = \frac{2V_D w_a}{Q_v}$$

donde V_D es la cilindrada unitaria (por cilindro) del motor en m^3 , y Q_v el caudal de aire circulante en $m^3 \cdot s^{-1}$.

Pues bien, en ensayos efectuados con esta técnica se ha encontrado que los valores del coeficiente de torbellino obtenidos con el mismo molinete, situado a varias distancias entre el plano de giro de las palas y la cara de culata, son muy diferentes según sea la posición del mismo. El hecho además de que con el aumento de la distancia se vayan estabilizando los resultados indica que el movimiento angular se va ordenando, tendiendo probablemente a formar un vórtice centrado. Sin embargo, el efecto de la disipación por fricción es alto y se confirma que si se sigue aumentando la separación, el valor obtenido va disminuyendo progresivamente. Además este comportamiento es fuertemente dependiente del diseño de la culata, y de otros parámetros de diseño e incluso de ensayo.

La única forma de reducir al mínimo estos inconvenientes, es primero, renunciar a obtener el valor del momento real y conformarse con obtener

un valor característico que tenga valor comparativo, y segundo, establecer un patrón de dispositivo de medida, de posición del mismo y de condiciones de ensayo. Cada fabricante en un principio estableció sus patrones, y luego fueron evolucionando hacia los propuestos por las dos ingenierías antes mencionadas, que propusieron patrones ligeramente diferentes. No se llegó nunca a alcanzar un acuerdo de estandarización.

En segundo lugar la hipótesis de que las palas giran a la misma velocidad que el aire, requiere la construcción de un molinete con un par de rozamiento despreciable frente al momento angular del aire, lo que dado el pequeño valor de este último plantea muchos problemas, sobre todo de cara a mantener la suficiente repetitividad de las medidas en el tiempo. Esto pudiera ser factible en condiciones muy cuidadosas de laboratorio, pero desde luego impone muchas dificultades de cara a su utilización industrial.

Esta técnica, aunque ha sido la más utilizada, viene en los últimos años cayendo en desuso en favor de la otra técnica citada: el dispositivo de nido de abeja. Sin embargo, como ya se ha dicho, el inconveniente más importante de esta última es el de las dificultades que plantea la medida de un par de tan poca entidad, y la consecuente falta de repetitividad.

Con el objetivo de disminuir la dependencia de la medida del estado o las características del dispositivo de medida, se ha ideado un dispositivo que puede ser fácilmente calibrado y no requiere de una instrumentación sofisticada ni delicada. La presente invención se refiere a un dispositivo de nueva concepción que denominamos integrador de vórtice, y que en adelante se referirá como IV.

En la figura 3 se presenta un esquema del funcionamiento del dispositivo. La idea de este instrumento es básicamente la de recoger el flujo de aire (o gas en general) a la salida del cilindro en una pieza con simetría cilíndrica, giratoria, forzando el paso de la corriente a través de una serie de perforaciones radiales situadas en la base del mismo. De este modo la pieza recoge todo el momento angular que lleva el aire y lo convierte en un flujo con velocidad relativa de salida únicamente radial u_{radial} . Por lo tanto, la velocidad absoluta de salida del flujo U tiene una componente radial u_{radial} y una componente tangencial $u_{tangencial}$. Denominando a la velocidad angular de rotación del IV: w_{IV} , y al radio de la sección de salida de las perforaciones radiales R_{IV} , la velocidad tangencial resulta función de la velocidad angular:

$$u_{tangencial} = w_{IV} R_{IV}$$

y por tanto el momento angular del flujo a la salida del IV, que denominaremos L_{as} , se puede calcular a partir de la siguiente expresión:

$$L_{as} = \dot{m}_a u_{tangencial} R_{IV} = \dot{m}_a w_{IV} R_{IV}^2$$

donde \dot{m}_a es el gasto másico de aire circulante.

De donde se deduce que el momento cinético angular del aire a la salida del dispositivo es directamente proporcional al gasto másico circulante,

al cuadrado del radio de la sección de salida del IV, y a la velocidad de giro, y que por lo tanto para su medida se requiere únicamente la determinación del gasto másico de aire circulante y de la velocidad de giro del dispositivo.

La primera ventaja del IV es que recoge todo el momento angular del aire, independientemente de si su rotación se asemeja o no a la de un sólido rígido, y lo rectifica a un momento uniforme fácilmente cuantificable, esta es precisamente la característica que se intenta resaltar con el calificativo de integrador.

Ahora bien, la magnitud que se pretende medir es el momento angular del flujo de aire a la entrada del dispositivo, que denominaremos L_a , y no a su salida. No obstante, la diferencia entre ambas magnitudes no es más que las pérdidas de rozamiento que se producen en los rodamientos del dispositivo. La siguiente ecuación plantea el balance de conservación del momento angular entre la entrada y la salida del IV.

$$L_a = L_{as} + M_R$$

siendo M_R el par de rozamiento que ofrecen los rodamientos.

El hecho de que las pérdidas de rozamiento tengan influencia sobre la medida supone, como antes se ha argumentado para la técnica del molinete, un inconveniente importante. Sin embargo, en el caso del IV dichas pérdidas pueden ser determinadas con bastante precisión mediante un simple ensayo de deceleración. Esta es la segunda ventaja importante del dispositivo, el ser fácilmente calibrable, y que para ello sólo requiere el registro de la velocidad de giro durante un ensayo de deceleración libre.

Si, como se hace en la definición de coeficiente de torbellino, se utiliza w_a (la velocidad de giro que debería llevar el aire para que teniendo rotación de sólido rígido, con un radio igual al del cilindro del motor R_c , tuviera el mismo momento angular L_a) como medida del momento, la ecuación anterior puede expresarse como:

$$\dot{m}_a \frac{R_C^2}{2} w_a = \dot{m}_a w_{IV} R_{IV}^2 + M_R$$

de donde se deduce que la velocidad de giro equivalente del aire es función de la velocidad de giro del IV a través de la siguiente expresión:

$$w_a = 2 \left[w_{IV} \left(\frac{R_{IV}}{R_C} \right)^2 + \frac{M_R}{\dot{m}_a R_C^2} \right]$$

Como puede observarse la velocidad de giro del IV resulta del orden de la mitad de la de rotación del aire si la relación entre los radios del IV y del cilindro es próxima a la unidad, por lo que este dispositivo giraría aproximadamente a la mitad de velocidad que un anemómetro de paletas.

Como se ha dicho antes, el par de rozamiento que aparece en la expresión anterior, puede muy bien ser evaluado en este dispositivo con un simple ensayo de deceleración. En efecto, si después de tomar la medida de la velocidad de giro del IV,

se tapa la entrada de aire al cilindro, después de un transitorio que tiene un tiempo característico de una fracción de segundo, el caudal circulante a través del elemento de medida se hace nulo, por lo que el dispositivo se decelera con una aceleración angular proporcional al par de rozamiento. De este modo si la variación de la velocidad se registra después del cierre, el par de rozamiento puede deducirse de la pendiente de la curva de deceleración en el momento inicial del cierre, de acuerdo con la ecuación:

$$\dot{m}_a = 0 \rightarrow I\alpha + M_R = 0 \rightarrow MR = -I\alpha = I_{IV} \frac{dw_{IV}}{dt}$$

donde I_{IV} denota el valor del momento de inercia del IV y α la aceleración angular.

La suposición, hecha implícitamente en el razonamiento anterior, de que el par de rozamiento no depende del caudal circulante resulta bastante aceptable dada la forma de la pieza, ya que las pérdidas por rozamiento y ventilación del aire que se añaden a las pérdidas mecánicas no se afectan sustancialmente al suprimir el caudal y además se ha comprobado experimentalmente que son de una magnitud sensiblemente inferior a las de rozamiento.

Así pues, el ensayo para la determinación del momento cinético angular del aire consiste simplemente en el registro de la velocidad de giro del IV, una vez estabilizada, y de la primera parte del transitorio de deceleración una vez cerrada la entrada del aire. Posteriormente y mediante un tratamiento estadístico adecuado de la señal registrada, se deduce la pendiente de caída inicial y de ahí la corrección correspondiente a las pérdidas de rozamiento.

Esta metodología permite de este modo una medida del "swirl" (torbellino) autocalibrable, y por tanto independiente del estado y de la calidad de los rodamientos utilizados, e incluso del propio diseño del elemento de medida. Esta independencia presenta la ventaja adicional de que se pueden utilizar rodamientos lubricados con grasa y herméticos de modo que la variación de su comportamiento con el tiempo es pequeña y además su vida es larga por lo que el mantenimiento requerido es prácticamente nulo.

Descripción detallada de la invención

En la figura 4 pueden verse dos fotografías del equipo de medida correspondiente a la presente invención. La fotografía superior corresponde al dispositivo en sí, cuyo esquema acotado se da en la figura 5, mientras que la figura inferior corresponde al citado dispositivo montado sobre la parte inferior del cilindro.

Respecto a las posibles formas de realizar la presente invención (las figuras 4 y 5 representan una de ellas) hay que tener en cuenta las siguientes consideraciones:

- * La masa y la inercia, así como los rodamientos tienen mucha influencia sobre el régimen de giro y la deceleración. Sin embargo una vez introducida la corrección correspondiente al par de rozamiento y teniendo en cuenta el valor del momento de inercia correspondiente, el valor del momento angular determinado presenta sólo una pequeña

dispersión cuando se cambian la masa y la inercia del dispositivo.

- * La única modificación importante que se produce en la carga de los rodamientos cuando se produce el cierre de la entrada del aire y empieza la deceleración, es la anulación de la carga dinámica que se produce por el flujo que circula a través de las perforaciones.
- * La diferencia entre la carga dinámica provocada por el salto de presiones a través del IV, entre la medida estacionaria en la que se determina la velocidad del IV, y la medida de deceleración sin flujo medio que se realiza para estimar las pérdidas de rozamiento, tienen un mínimo efecto sobre el valor final obtenido. Tampoco las pérdidas de ventilación del aire durante el ensayo de deceleración tienen una influencia apreciable en el resultado final.

El nuevo dispositivo se ha utilizado, como era su objeto, en la caracterización de un buen número de culatas; los resultados han mostrado siempre una alta repetitividad, en torno al 1.5 %, y se han obtenido dispersiones en el intervalo del 2.5 % entre culatas del mismo diseño pero de diferentes machos, e incluso de diferentes fabricantes, muy inferiores a las que normalmente se obtienen con las otras técnicas. El dispositivo posee todas las características necesarias para resultar un buen instrumento de medida para la medición del momento cinético angular, y para la caracterización de elementos generadores del mismo.

A partir de las anteriores consideraciones, y respetando el esquema general de funcionamiento mostrado en la figura 3, se consideran esenciales las siguientes reglas para el dimensionado del dispositivo:

- * Dado que la medida se basa en suponer que todo el flujo se introduce en el dispositivo y sale por los orificios radiales de su base, es esencial asegurar que el dispositivo cierre bien con el cilindro. Por ello es recomendable reducir a un valor razonable la holgura entre ambos, y además diseñar su contorno de modo que se formen varios estrangulamientos seguidos de sus correspondientes ensanchamientos de modo que se minimicen las fugas por dicho recorrido. No es recomendable reducir excesivamente la citada holgura, ya que una dimensión demasiado reducida requeriría un montaje y un uso muy delicado, disminuyendo su utilidad como dispositivo de uso industrial.
- * El principio de medida del dispositivo esta basado en que la velocidad relativa de salida por los orificios de la base es perfectamente radial. Por ello, es conveniente asegurar un diámetro de salida pequeño en relación al diámetro del cilindro, y una relación longitud/diámetro de los orificios aceptable. Es difícil dar valores óptimos para dichas relaciones, sin embargo, el hecho de que los prototipos desarrollados han dado siempre buenos resultados permite al menos garantizar que las proporciones con las que se ha

trabajado son adecuadas. Adicionalmente, es esencial realizar un buen mecanizado de los orificios en el sentido de asegurar su dirección radial.

- 5 * El sistema de sujeción del dispositivo ha de permitir un buen centrado del mismo respecto al cilindro, asegurando sobre todo que los ejes de ambos resulten paralelos.
- 10 * El resto de dimensiones son en principio irrelevantes para la medida, únicamente recomendar que es conveniente favorecer el paso del flujo a través del dispositivo con el objetivo de provocar la mínima pérdida de carga posible y por tanto que la caracterización del mismo a efectos de permeabilidad, aunque no resulte exacta por la influencia del dispositivo, sí resulte significativa a efectos comparativos.

Ejemplo:

Con el dispositivo correspondiente a las fotografías de la figura 4 y el plano de la figura 5 se ha realizado numerosos ensayos de caracterización del momento angular de diversas culatas de motores de diferentes tamaños, habiéndose obtenido siempre una alta repetitividad en los resultados.

La determinación del par de frenado por rozamiento

La determinación del par de frenado que sufre el dispositivo debido al rozamiento se realiza a partir del análisis de la curva de deceleración libre del dispositivo (sin flujo de aire), una vez se ha cerrado el paso del aire a la culata. En la figura 6 se puede ver, en una imagen de pantalla del programa que se ha desarrollado al efecto, la curva registrada durante un ensayo de la velocidad de rotación del Integrador de Vórtice (en trazo oscuro). El eje de ordenadas representa el régimen de giro en rpm. del dispositivo, mientras que el eje de abscisas indica el tiempo en segundos transcurrido desde que el proceso de toma de medidas se pone en marcha. La curva de evolución de la velocidad esta compuesta por un tramo inicial constante, correspondiente a condiciones estacionarias de flujo, y un segundo tramo descendiente que corresponde a la deceleración del dispositivo una vez se ha cerrado la entrada de aire, y que es debida precisamente a las pérdidas de rozamiento.

El programa que se ha desarrollado procede básicamente del siguiente modo:

1. Repasa los valores registrados desde el principio hasta detectar que la velocidad comienza a descender significativamente (en el ejemplo: 17 05 s). Rechaza unos cuantos valores antes de la caída y después de ella para no verse influido por el error en la determinación exacta del punto de caída, ni por el período transitorio de anulación del caudal medio circulante. Crea dos colecciones de valores de la velocidad: el primero de ellos correspondiente a la zona de funcionamiento estacionario (desde el inicio hasta la raya vertical), y el segundo correspondiente al tramo de deceleración libre (desde la 4ª raya vertical (17.85 s en el ejemplo) hasta la última 5ª).

2. Calcula la media y desviación típica de la zona estacionaria, y a continuación filtra la colección de valores, de modo que si hay puntos que se desvían más de una cierta proporción de la desviación típica calculada los elimina por considerar que corresponden a fallos del sistema de adquisición. En el ejemplo se muestra que se han rechazado 21 puntos y el tamaño final de la muestra de trabajo es 311). Una vez realizado el filtrado, vuelve a calcular la media y la desviación típica correspondientes. Los resultados en el ejemplo mostrado en la gráfica son 1790 rpm. y 3.1792 respectivamente.
3. Ajusta por el procedimiento de mínimos cuadrados un polinomio de segundo grado (parábola) a la parte descendiente de la velocidad de giro.
4. Calcula los puntos de intersección entre la parábola ajustada y la recta horizontal que corresponde a la velocidad media antes determinada, y toma el valor menor de ellos que corresponde al punto teórico de comienzo de la deceleración (en el ejemplo: 16.32 s). La parábola se representa en la figura con trazo tenue. En el ejemplo el valor de la ordenada en el origen de la parábola ha resultado 2494.17 mientras que los coeficientes de los términos de primer y segundo grado resultan: -47.8678 y 0.2901 respectivamente.
Si la parábola no tiene dos puntos de intersección con la recta significa que la curva ajustada es cóncava (el coeficiente del término de segundo orden resulta negativo) y por tanto detiene el proceso de cálculo avisando de que se ha producido algún problema en el ensayo.
5. Calcula el valor de la derivada del polinomio en el punto de intersección, asociándolo al valor de la pendiente de la curva de deceleración en el instante de la caída. En el ejemplo resulta: -38.395 rpm/s. Este valor es utilizado posteriormente por otro programa para calcular la corrección a introducir en el cálculo del momento angular debida al frenado por rozamiento tal y como

se ha descrito en la memoria precedente.

Un programa de ordenador, fácil de realizar por un experto en el tema, realiza las correspondientes medidas a partir de los datos que se reciben del sensor correspondiente y realiza los cálculos indicados, dando los resultados globales del ensayo:

Revoluciones medias antes de la caída:
1790.0552 RPM
Desviación / relativa: 3.1792 / 0.1776 %
Solución menor: 16.3248
Tiempo inicio de la caída: 17.0586
Término constante: 2494.1657
Término 1º: -47.8678
Término cuadrado: 0.2981
Pendiente: -38.3951
Puntos Tomados en la medida: 311
Puntos eliminados de la medida: 21

Descripción de las figuras.

Figura 1 (del estado de la técnica). Esquema del método del molinete de palas.

Figura 2 (del estado de la técnica). Esquema del método del nido de abeja.

Figura 3. Esquema del funcionamiento del dispositivo que denominamos *integrador de vórtice(IV)*.

Figura 4. Dos fotografías del equipo de medida correspondiente a la presente invención. La fotografía superior corresponde al dispositivo en sí, cuyo esquema acotado se da en la figura 5, mientras que la figura inferior corresponde al citado dispositivo montado sobre el soporte que permite ajustarlo sobre la parte inferior del cilindro.

Figura 5. Esquema acotado de una de las maneras de desarrollar la presente invención.

Las cotas están dadas en mm. Existen 3 hileras de 24 taladros (1 taladro de 5 mm cada 15 grados) colocados al tresbolillo.

Figura 6. Una imagen de pantalla del programa desarrollado al efecto, mostrando los resultados del ensayo y la curva registrada de la velocidad de rotación del Integrador de Vórtice (en trazo oscuro). El eje de ordenadas representa el régimen de giro en rpm del dispositivo, mientras que el eje de abscisas indica el tiempo en segundos transcurrido desde que el proceso de toma de medidas se pone en marcha.

REIVINDICACIONES

1. Dispositivo para la medida del momento cinético angular de un corriente de gas, consistente en un *integrador de vórtice*, **caracterizado** porque recoge el flujo de gas en una pieza cilíndrica giratoria que se adapta a la salida del conducto por donde circula el flujo, forzando el paso del mismo a través de una serie de perfora-

ciones radiales situadas en la base del dispositivo, y cuya velocidad de giro sirve para realizar la medida.

2. Dispositivo para la medida del momento cinético angular de una corriente de gas, según la reivindicación 1, **caracterizado** porque también se registra la velocidad de giro durante un transitorio de deceleración para fijar las constantes del aparato.

5

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

60

65

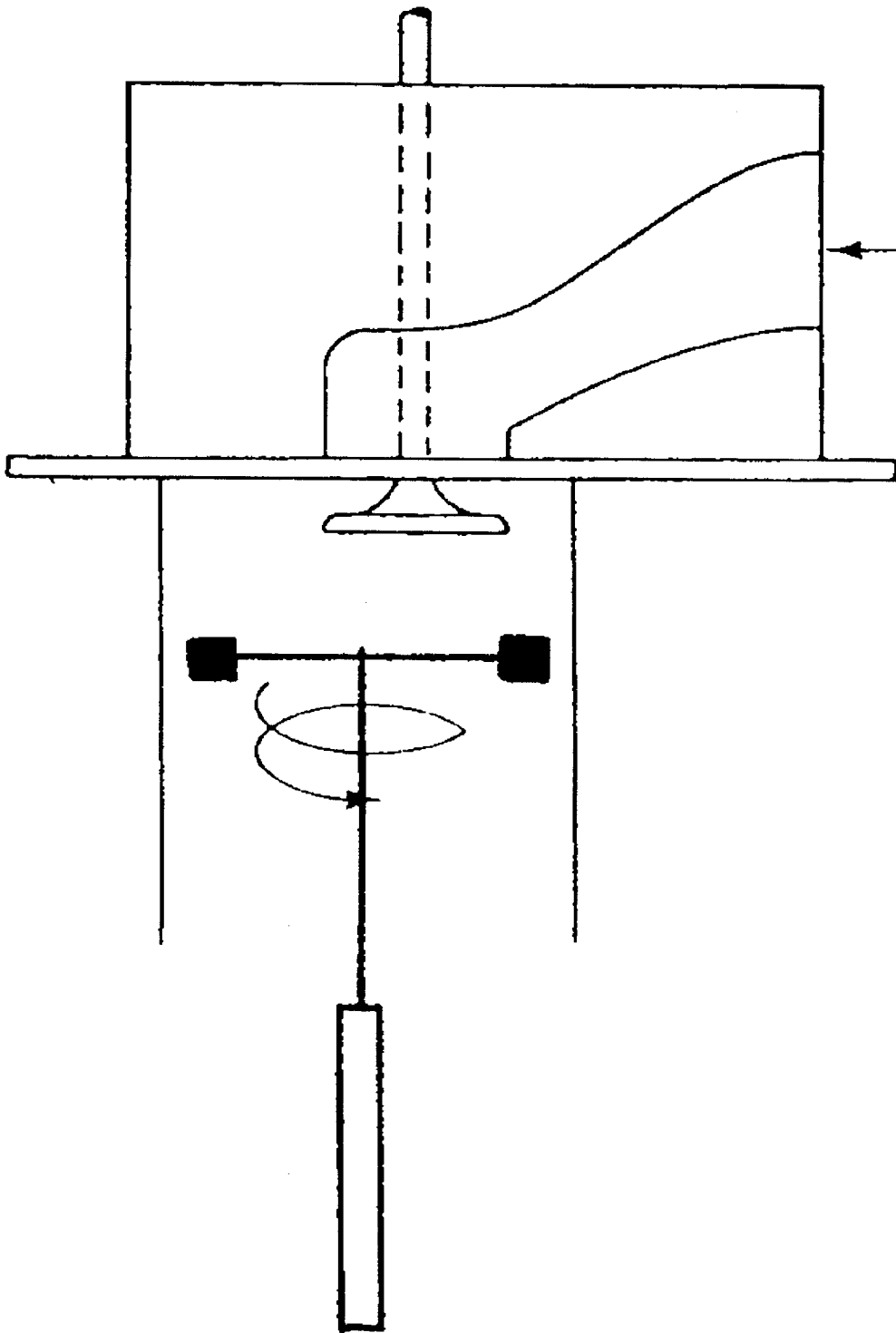


Figura 1 (del estado de la técnica)

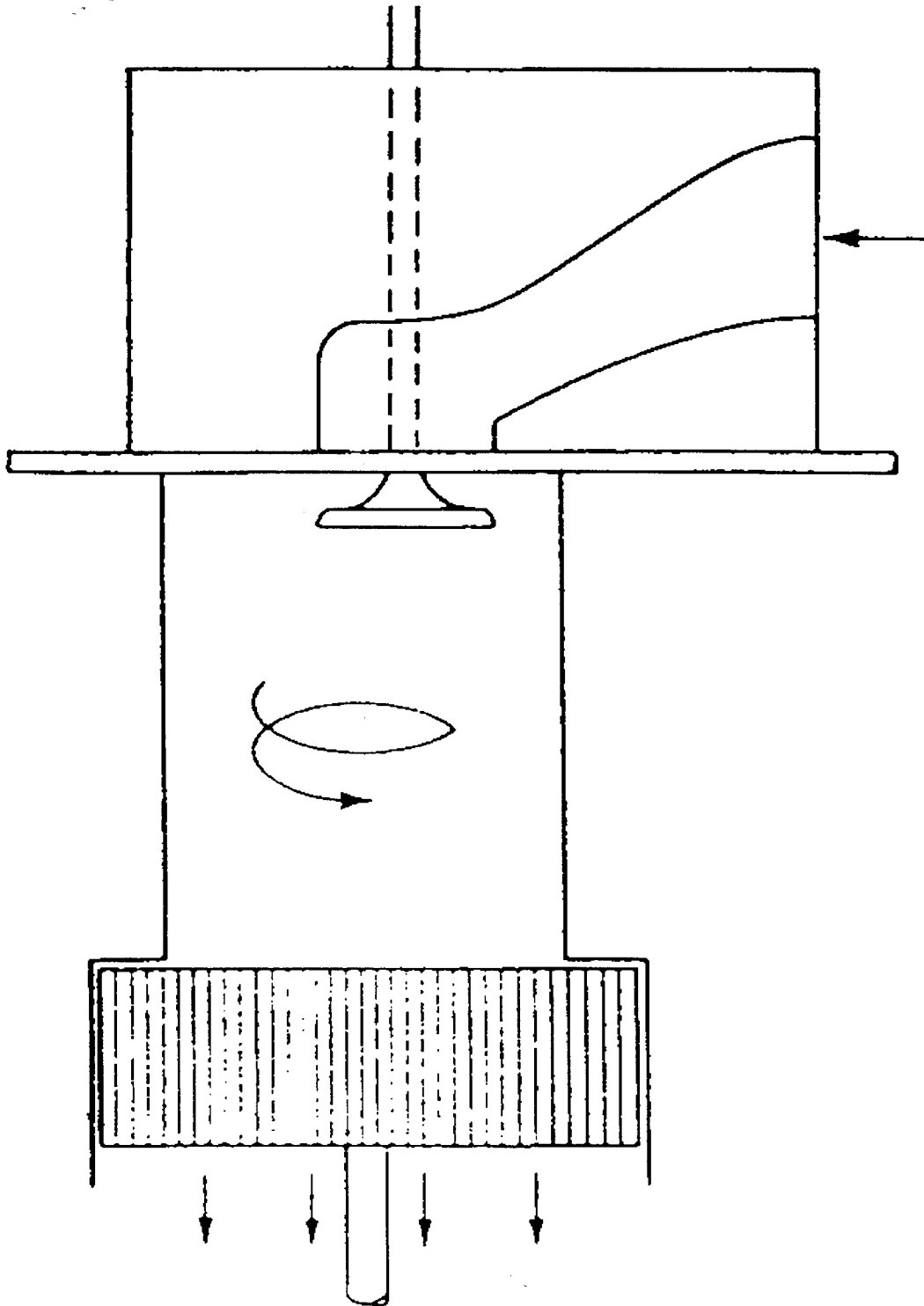


Figura 2 (del estado de la técnica)

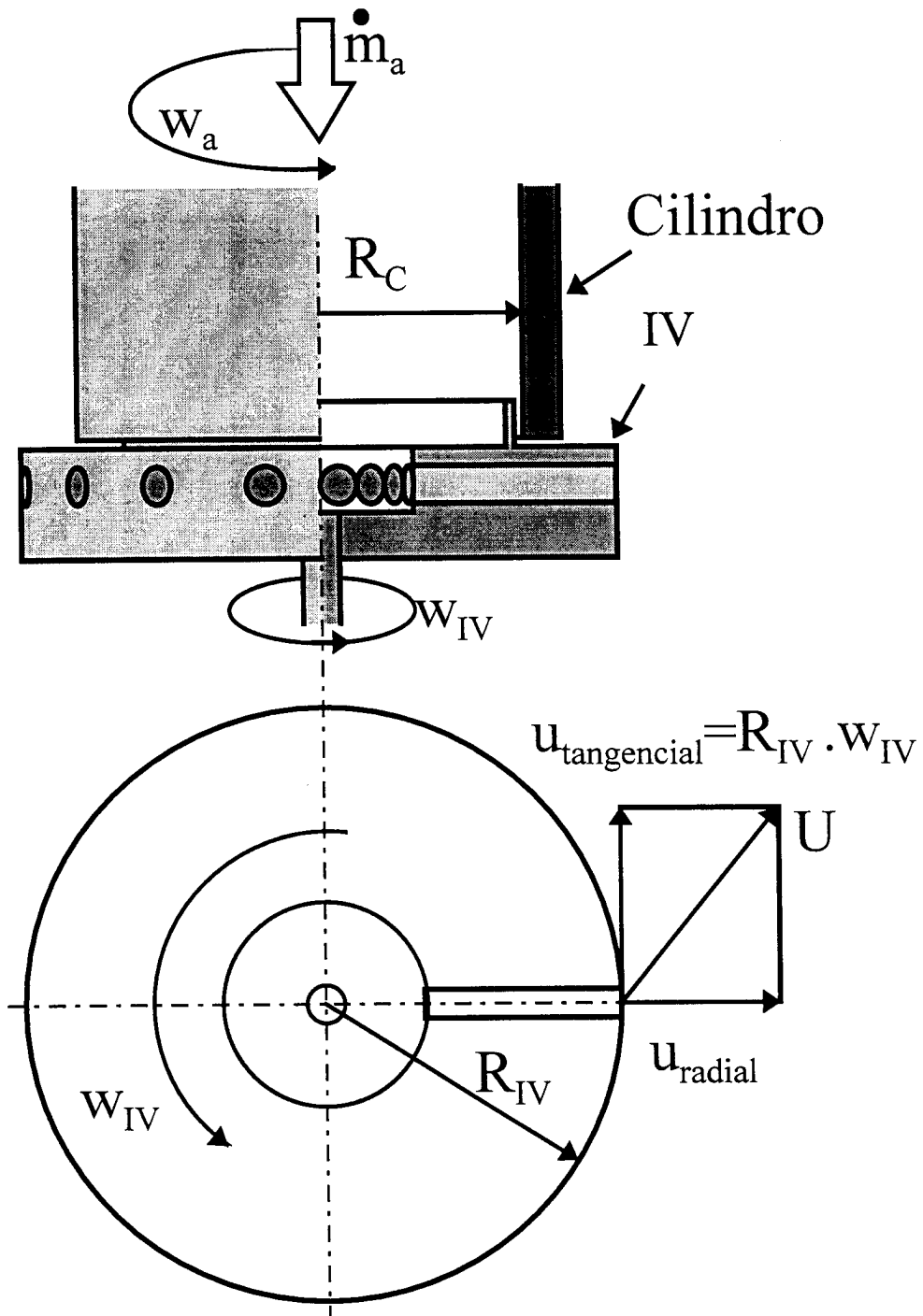


Figura 3

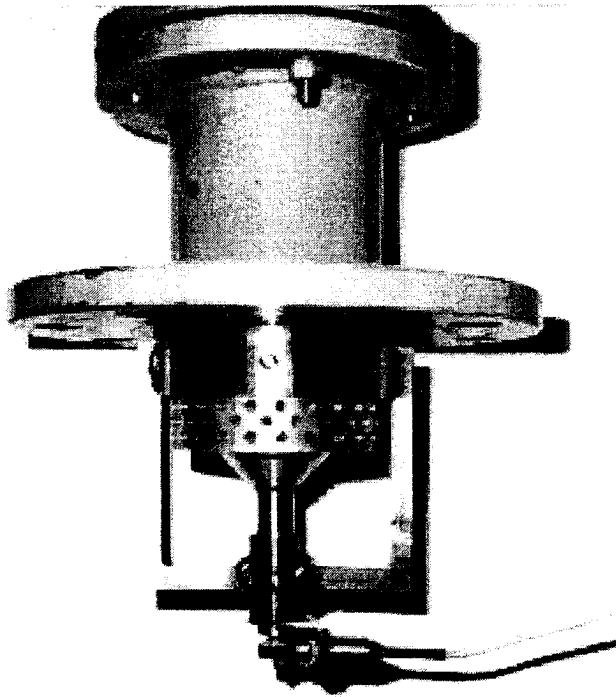
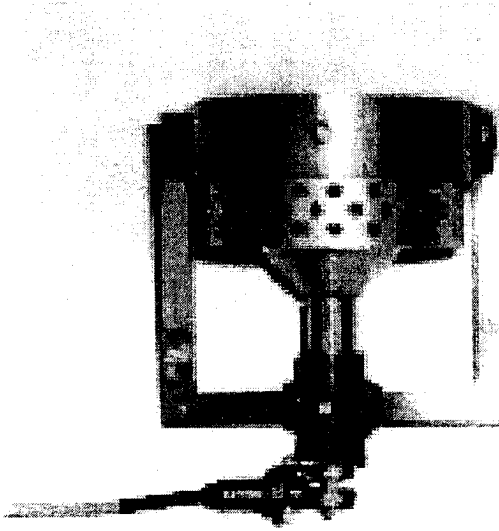


Figura 4

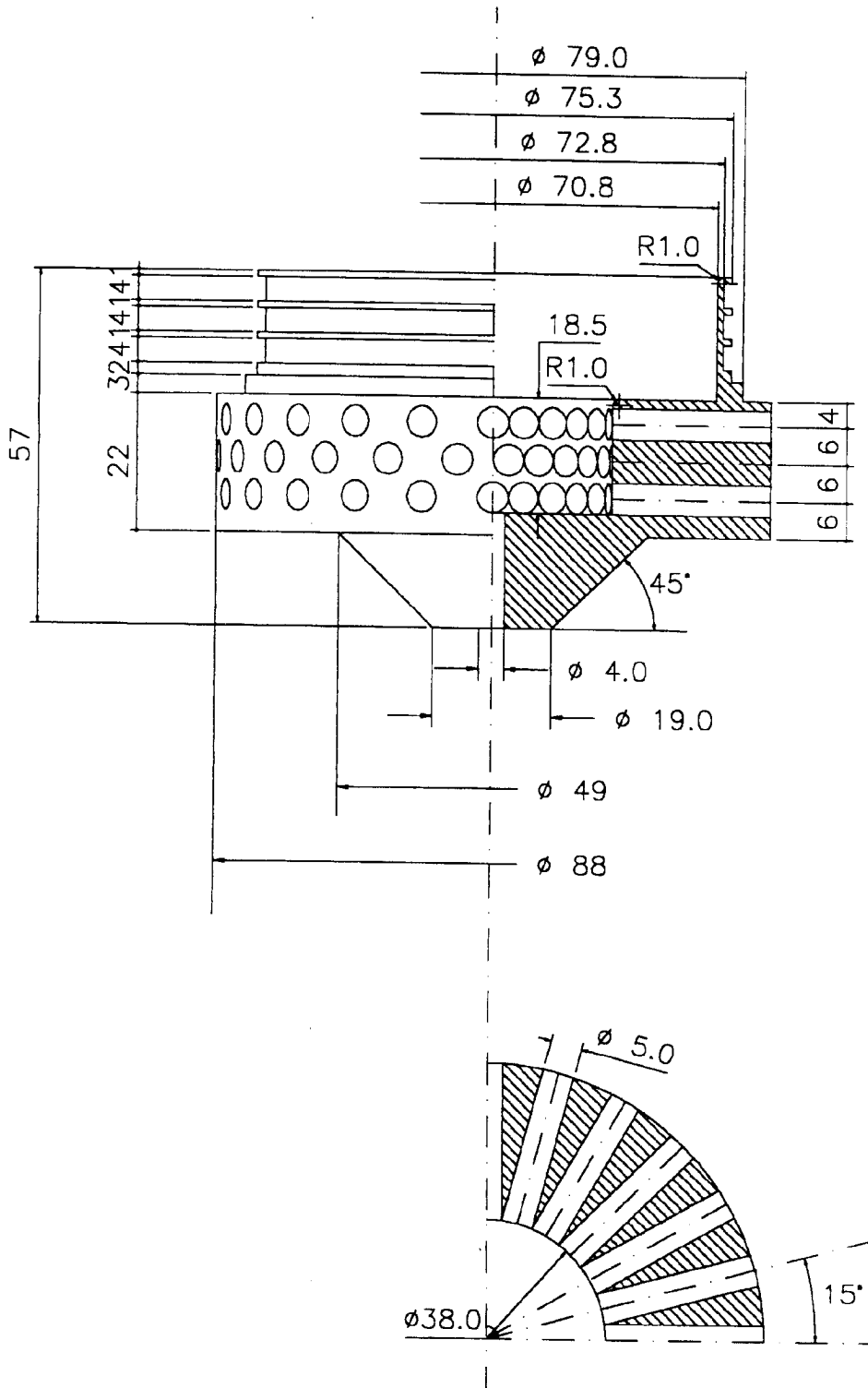


Figura 5

ANALISIS DE LOS DATOS

Revoluciones medias antes de la caída : 1790.0552 RPM
Desviación / Relativa : 3.1792 / 0.1776 %
Solución menor : 16.3248
Tiempo inicio de la caída : 17.0500
Tiempo inicio de la regresión : 17.8500
Término constante : 2494.1657
Término 1º : -47.8678
Término cuadrado : 0.2901
Pendiente : -38.3951

Puntos tomados en la media : 311
Puntos eliminados de la media : 21

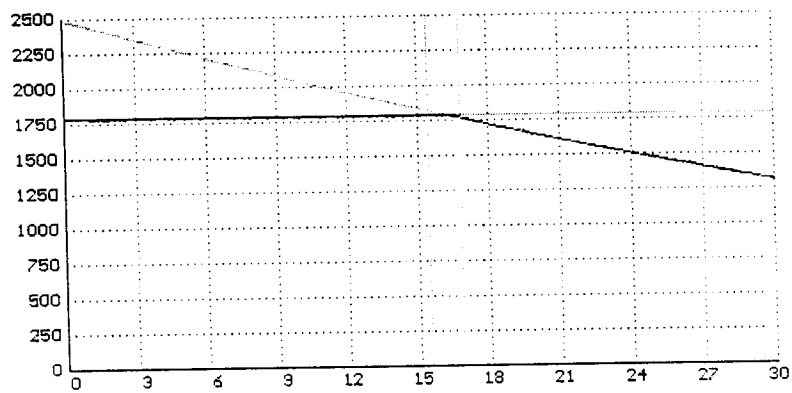


Figura 6



INFORME SOBRE EL ESTADO DE LA TECNICA

⑤ Int. Cl.⁶: G01P 3/00

DOCUMENTOS RELEVANTES

Categoría	Documentos citados	Reivindicaciones afectadas
A	BASE DE DATOS WPI en EPOQUE. Derwent Publications (Londres) AN 97-191370 [17] RU 2065983 C1 (CHEREDNICHENKO S.V.) 27.08.1996, resumen.	1
A	PATENTS OF RUSSIA. Disco n° 3 de 1996 (11) Russian Commitee for Patents and Trademarks. RU 2065983 C1 (CHEREDNICHENKO, S.V. et al.) 27.08.1996, resumen; figura.	1

Categoría de los documentos citados

X: de particular relevancia

Y: de particular relevancia combinado con otro/s de la
misma categoría

A: refleja el estado de la técnica

O: referido a divulgación no escrita

P: publicado entre la fecha de prioridad y la de presentación
de la solicitud

E: documento anterior, pero publicado después de la fecha
de presentación de la solicitud

El presente informe ha sido realizado

para todas las reivindicaciones

para las reivindicaciones n°:

Fecha de realización del informe

09.02.99

Examinador

S. Fernández Díez-Picazo

Página

1/1