



19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

11 Número de publicación: **2 290 977**

51 Int. Cl.:

**G01N 22/00** (2006.01)

**G01N 22/04** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Número de solicitud europea: **98110821 .0**

86 Fecha de presentación : **12.06.1998**

87 Número de publicación de la solicitud: **0889321**

87 Fecha de publicación de la solicitud: **07.01.1999**

54 Título: **Sensor de humedad y de densidad.**

30 Prioridad: **02.07.1997 DE 297 11 571 U**

45 Fecha de publicación de la mención BOPI:  
**16.02.2008**

45 Fecha de la publicación del folleto de la patente:  
**16.02.2008**

73 Titular/es:  
**TEWS ELEKTRONIK Dipl.-Ing. Manfred Tews**  
**Sperberhorst 10**  
**22459 Hamburg, DE**

72 Inventor/es: **Herrmann, Rainer**

74 Agente: **Carpintero López, Francisco**

**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

Sensor de humedad y de densidad.

5 La presente invención se refiere a un resonador de microondas para su conexión a un instrumento de medición para medir el perfil de densidad y/o humedad en la dirección longitudinal de una muestra, que presenta un orificio de paso transversal a su extensión plana que está limitado por unas paredes metálicas que se extienden en dirección longitudinal, siendo el espacio interior del resonador básicamente plano, con un grosor menor a la extensión transversal perpendicular al mismo, así como a la utilización de un resonador de microondas de este tipo.

10 A menudo es necesario medir el perfil de densidad y/o humedad en la dirección longitudinal de una muestra. Ejemplos importantes de ello son la medición de la densidad en una cuerda de cigarrillos, la medición de la densidad en un hilo de lana, en un perfil de plástico o en otras cuerdas. Sin embargo, también se deben llevar a cabo dichas mediciones en muestras más pequeñas. Para determinar el perfil de densidad y/o humedad de un tablero de fibras de  
15 madera o un tablero de partículas se suele perforar un centro cilíndrico, a lo largo de cuyo eje cilíndrico se registra el perfil de densidad o humedad.

Para tales mediciones de perfiles de densidad y humedad se conocen diversos procedimientos.

20 Con máquinas de cigarrillos se fabrica un gran número de cigarrillos (hasta 15.000 cigarrillos por minuto). A fin de conseguir una compresión óptima del tabaco en uno o ambos extremos del cigarrillo es necesaria una medición exacta de la densidad. Por lo general, esto se realiza hoy en día gracias a rayos gamma. Para ello, la atenuación de los fotones altamente energéticos depende tanto de la densidad como de la composición del material que se ha de medir, pero también en especial del contenido de agua del tabaco. Por lo tanto, la medición de la densidad no resulta fiable.  
25 Asimismo, evidentemente se pretende evitar la técnica de medición mediante rayos gamma, no exenta de peligro. La utilización de radiación infrarroja para tales mediciones tiene el inconveniente de que es especialmente sensible a los efectos de superficie. Por este motivo, no se pueden obtener valores de densidad absolutos sino solamente porcentajes relativos a un valor máximo de un tipo de tabaco.

30 La medición del perfil de densidad en tableros de fibras de madera también es un parámetro importante del proceso en relación con la garantía de calidad. El método de medición hasta ahora más importante es también el método de radiación gamma desarrollado a mediados de la década de los 70. En este caso, también resulta un inconveniente que la sensibilidad a la humedad del producto limita la precisión de la medición de la densidad.

35 Es conocido cómo medir tanto la densidad como la humedad de materiales mediante microondas, introduciéndose los productos sujetos a estudio en un resonador de microondas (EP 0 468 023 B1). La desventaja de este procedimiento conocido radica en el hecho de que los resonadores y muestras tienen que ser relativamente grandes para que sea posible la medición de un perfil de densidad o humedad con una precisión milimétrica. El motivo consiste en que la frecuencia de microondas no se puede elevar como se quiera, ya que en ese caso no se podrían obtener más valores de  
40 medición exactos. Por lo tanto, las mediciones con microondas se deben realizar en un rango de frecuencias que oscila entre los 0,5 GHz y, como máximo, los 15 GHz, lo que significa longitudes de onda comprendidas entre los 60 cm y los 2 cm. Una frecuencia especialmente adecuada es 2,5 GHz, que corresponde a una longitud de onda de 12 cm. Los resonadores de microondas tienen por lo general unas dimensiones del orden de una longitud de onda.

45 Se conoce un resonador de microondas del tipo descrito anteriormente que comprende un saliente a través del cual se mueve el material que se ha de medir (EP 0 292 571, reivindicación 1). Con este resonador de microondas se pueden realizar también mediciones con una frecuencia relativamente baja. En este caso, el rango de mediciones real entre los salientes y las paredes huecas enfrentadas es relativamente pequeño. Sin embargo, se produce una gran falta de homogeneidad de campo. El campo de microondas es muy grande en el centro y se reduce claramente en dirección a  
50 los bordes, de modo que, por un lado, no es posible una medición uniforme de toda la muestra y, por otro, se producen oscilaciones en los valores de medición si la muestra también se mueve en dirección transversal.

Se conoce un resonador de microondas del tipo descrito anteriormente que se utiliza junto con un segundo resonador de microondas (EP 0 753 755 A2, figura 1). Dicho resonador está lleno de aire y presenta una extensión perpendicular respecto a la dirección A de paso de la muestra que no alcanza por completo el doble del grosor del resonador.  
55

El objetivo de la presente invención consiste en crear un resonador de microondas y un instrumento de medición con un resonador de microondas de este tipo, gracias a los cuales se puedan realizar mediciones de la densidad y la  
60 humedad con una mayor precisión y resolución.

Dicho objetivo se consigue gracias a las características de la reivindicación 1.

65 Mediante la combinación de un resonador de microondas muy plano y el llenado del mismo con un dieléctrico, se consigue en el rango de medición real un campo de microondas muy homogéneo, con lo que se pueden llevar a cabo mediciones exactas a través de toda la sección transversal de la muestra, teniendo la colocación imprecisa de la muestra en dirección transversal solamente una mínima influencia sobre el resultado de la medición.

## ES 2 290 977 T3

Aunque se conoce la fabricación de un resonador de microondas a partir de un dieléctrico (US 5,105,158 A), éste forma para sí un resonador de microondas sin estar rodeado de un conductor metálico que forma la cavidad de microondas real como en el objeto de la solicitud. Este resonador a partir de un dieléctrico tampoco sirve para efectuar mediciones en la dirección longitudinal de una muestra. Al contrario, en este resonador han de realizarse mediciones en muestras planas. La configuración del campo es totalmente distinta debido a estas diferencias, de modo que no se puede destacar ninguna sugerencia relativa al resonador de microondas según la invención.

De manera sorprendente, el resonador de microondas puede realizarse muy plano, siendo su grosor esencialmente menor que la longitud de onda de las microondas. No obstante, se obtienen en el lugar de la muestra intensidades de campo suficientes para poder medir la humedad y la densidad en un volumen parcial pequeño de la manera ya conocida (EP 0 468 023 B1), a través de la desviación de la curva de resonancia y la ampliación de la misma. El rango de valores de medición se puede limitar a entre 1 y 3 mm, utilizándose por ejemplo las longitudes menores para cigarrillos y las mayores para muestras de fibras de madera. Gracias a las paredes metálicas se impide la propagación de las microondas al espacio libre.

Según una realización preferida, si se llena el resonador con un dieléctrico que llena el resonador a excepción de la abertura de paso de la muestra, la frecuencia de resonancia aumenta, o bien se reducen las dimensiones de la cavidad si la frecuencia es constante. En este caso, las mediciones se pueden llevar a cabo con microondas de menor potencia (menos de 10 miliwatios), de modo que no se produce un calentamiento de la muestra que incida en su peso.

De manera ventajosa, el grosor del resonador es al menos cinco veces menor que la extensión transversal del mismo, en especial al menos diez veces menor. Como dieléctrico se escoge de manera ventajosa uno que tenga una constante  $\epsilon$  dieléctrica relativa de 2 a 100, de manera ventajosa de 7 a 15.

Si los orificios de paso se alargan hacia fuera mediante tubos metálicos, se impide, de manera complementaria a las paredes de los orificios de paso, que las microondas se extiendan hacia fuera por los orificios de paso, cosa que hace que la relación de resonancia empeore y la medición se vuelva imprecisa o incluso imposible.

Se ha demostrado es que especialmente ventajoso un resonador en forma cilíndrica que se activa en el modo  $E_{n10}$  ( $n = 0, 1, 2$ ). Otra realización ventajosa destaca porque el resonador es rectangular y se activa en los modos  $E_{110}$ ,  $E_{120}$  o  $E_{220}$ .

A continuación se describe la invención a través de realizaciones ventajosas a modo de ejemplo, haciendo referencia a los dibujos adjuntos, en los que:

la figura 1 ilustra la curva de resonancia de microondas de un resonador sin muestra (resonador vacío) o con muestra (resonador lleno);

la figura 2 es un corte en sección transversal de una realización de un resonador cilíndrico durante la medición de un cigarrillo;

la figura 3 y

la figura 4 ilustran el recorrido de las líneas de campo eléctricas en un resonador cilíndrico;

la figura 5a ilustra el recorrido de las líneas de campo en un resonador de microondas cerca del paso de las muestras sin dieléctrico dentro del resonador;

la figura 5b muestra la intensidad de campo eléctrico en dirección transversal en la realización de la figura 5a;

la figura 6a ilustra, de manera similar a la figura 5a, el caso de un resonador de microondas dotado de dieléctrico;

la figura 6b muestra la intensidad de campo eléctrico en dirección transversal en la realización de la figura 6a;

la figura 7 es una representación gráfica del perfil de humedad y densidad de un tablero de fibras de madera medido con el instrumento de medición de la invención;

la figura 8 ilustra el perfil de densidad del tablero de fibras de madera de la figura 7 medido con radiación gamma;

la figura 9 y

la figura 10 muestran el resultado de la medición del perfil de densidad y humedad en cigarrillos; y

la figura 11 ilustra un resonador de microondas rectangular de la invención.

En la figura 1 se muestran las curvas de resonancia de un resonador. Se puede observar que la frecuencia de resonancia se desplaza a frecuencias más bajas cuando aumenta el llenado del resonador, disminuyendo a su vez la

## ES 2 290 977 T3

amplitud de las curvas de resonancia y aumentando la anchura. Gracias a esto se pueden determinar la densidad y la humedad según el procedimiento conocido.

En la figura 2 se muestra una sección transversal a través de un resonador 11 de microondas cilíndrico según la invención, limitado por una pared 9 metálica superior y una pared 10 metálica inferior y llenado con material cerámico 1. Se utiliza para la medición de una muestra 2 de madera que se mueve a través del resonador 11 en la dirección marcada por la flecha 8. El montaje del resonador de microondas correspondiente para cigarrillos es en principio el mismo: tan sólo varían sus dimensiones. En especial, el paso para la muestra no tiene allí un diámetro de 35 mm, sino un diámetro considerablemente menor, que raramente es mayor que el diámetro de los cigarrillos, es decir, aproximadamente entre 9 y 10 mm. La muestra 2 se mueve a través de un orificio de paso 3 al que se fija un tubo 4 metálico corto en el exterior, a través del cual se impide la salida de microondas. Las microondas se enlazan mediante una antena 5 y se separan mediante otra antena 6. En vez de la medición de transmisión, evidentemente se puede realizar una medición de reflexión con una única antena. La zona activa de medición, cuyo grosor es aproximadamente el mismo que el del resonador 1, recibe la referencia numérica 7.

La concentración especial en un área de pocos milímetros (hasta 1-3 mm) tiene éxito gracias a la activación de los resonadores en modos de resonancia E (modos H transversales, es decir, modos que solamente tienen un campo eléctrico en la dirección axial del resonador), cuyo código de modo longitudinal es cero, lo que es sinónimo de la exigencia de que las líneas de campo eléctrico situadas entre la placa metálica de base y la placa cobertora discurren por el camino más corto. Para la medición de cigarrillos, tiene significación práctica el modo de resonancia  $E_{010}$  (modo base del resonador cilíndrico), y para la medición de placas de fibras de madera, los modos  $E_{110}$  y  $E_{210}$  (primer código: descripción de simetría acimutal en rotación en torno al eje longitudinal; segundo código: descripción de simetría radial = número de nodos en dirección radial; tercer código: descripción de simetría longitudinal).

Los resonadores rectangulares también se pueden utilizar para la medición de perfiles, introduciendo en el modo base el modo rectangular  $E_{110}$  en vez del modo  $E_{010}$ , de tal modo que el aplanamiento para concentración se lleva a cabo de tal manera que las líneas de campo eléctrico discurren por el camino más corto entre la placa de base y la cobertora. Como módulos más elevados se pueden utilizar los modos  $E_{120}$  o  $E_{220}$ .

La frecuencia de resonancia del sensor de perfil con un relleno del resonador (por ejemplo, material cerámico con constante dieléctrica  $DK = \epsilon$ ) se puede estimar de manera aproximada mediante la aplicación de las expresiones conocidas, válidas para el resonador cerrado. En el caso del resonador cilíndrico con un diámetro del resonador D, la fórmula para el modo  $E_{mn0}$  es la siguiente:

$$f = cX_{mn}/(\pi\sqrt{\epsilon}D)$$

(c = velocidad de la luz en el vacío,  $X_{mn}$  = posición n-ésima del cero de la función de Bessel de orden m).

En el caso del resonador rectangular con unas extensiones de bordes interiores transversales a las direcciones A y B del perfil, la fórmula para el modo  $E_{mn0}$  es la siguiente:

$$f = \frac{c}{2\pi\sqrt{\epsilon}} \sqrt{\left(\frac{\pi}{A}m\right)^2 + \left(\frac{\pi}{B}n\right)^2}$$

De este modo, la distancia entre la placa de base y la placa cobertora se puede hacer extremadamente pequeño sin que se altere sustancialmente la frecuencia de resonancia. Sin embargo, esta distancia es determinante para la concentración espacial del campo de medición. De este modo, la distancia entre la placa de base y la cobertora está limitada sobre todo por la longitud necesaria de las antenas de enlace. Se proporciona otra barrera mediante la medida mínima necesaria en la zona de la muestra para una medición adecuada en una intensidad del campo: cuanto más pequeña sea la distancia entre la placa de base y la placa cobertora en el resonador, menor será la intensidad del campo en la zona de la muestra. En la práctica, se consiguen de este modo unas resoluciones espaciales de hasta 1 mm en dirección longitudinal. En la medición del perfil de cigarrillos es suficiente una concentración de 3 mm; en la medición del perfil de placas de fibras de madera, de 2 mm.

La cavidad del resonador está dotada de dos aberturas para el paso de la muestra que se ha de medir, cada una de las cuales se debe completar con dos chimeneas metálicas (en el caso del modo base, de al menos 5 mm; en modos más altos, de al menos 10 mm de longitud) por encima y por debajo de la zona del resonador. De este modo, por las aberturas para la cara superior y la inferior del resonador no podrá salir ninguna microonda, puesto que, mientras la constante dieléctrica del material de la muestra que se ha de medir esté por debajo de un valor crítico que se satisface para todas las muestras, la frecuencia de corte típica para la propagación por las chimeneas de conexión está claramente por encima de la frecuencia de resonancia del resonador (una medida aproximada para la DK crítica (constante dieléctrica) constituye, para los resonadores cilíndricos llenos de aire cuyo tercer código de modo es 0, aproximadamente el cuadrado de la relación entre el diámetro D del resonador y el diámetro d de la muestra, o  $DK_{crit} = (D/d)^2$ , lo que da como resultado con  $D = 90$  mm y  $d = 10$  mm una constante dieléctrica crítica DK de 81). En consecuencia, en dirección longitudinal la intensidad de microondas disminuye de forma exponencial a gran velocidad, y las pérdidas medidas aparecen únicamente por características del producto y no por efectos de radiación.

## ES 2 290 977 T3

La figura 3 muestra la simulación por ordenador de la distribución del campo eléctrico en el sensor de perfil cilíndrico en el modo base de resonancia  $E_{010}$ , no teniendo el campo eléctrico su máximo en la zona de la muestra como en el sensor cerrado, sino presentando un mínimo local a continuación de ambas superficies de base y cobertura estrechamente unidas.

La frecuencia de resonancia de este ejemplo de realización de un sensor de perfil de cigarrillos para la medición de la humedad y la densidad es de 2589 MHz para un diámetro del resonador de 90 mm, un diámetro del tubo de la muestra de 10 mm y una distancia respecto a la placa de soporte y la cobertura de 3 mm, si el resonador no está lleno de un dieléctrico.

Gracias al llenado del cuerpo del resonador (fuera del tubo de la muestra) con material 1 cerámico de microondas, se puede reducir, por un lado, la forma geométrica del sensor. Mediante la utilización de cerámica con  $DK = 9,2$  disminuye el diámetro del cuerpo del resonador desde 90 mm a 35 mm, si la frecuencia del resonador se mantiene aproximadamente igual. Esto es necesario para la medición del perfil de las máquinas de cigarrillo modernas, ya que hoy en día se fabrican por lo general dos cuerdas de cigarrillos paralelas que discurren a una distancia de 50 mm y la colocación de resonadores no debe perturbar la disposición de doble cuerda.

Por otro lado, se consigue mediante la aportación de cerámica una concentración del campo más elevada, dado que sin cerámica se limita la resolución espacial por la disminución exponencial del campo eléctrico de medición en el tubo de la muestra. Dicha "pérdida de concentración", contrarrestada con esta aportación de cerámica, se ilustra en la figura 4.

En la figura 5a se muestra el recorrido de las líneas del campo eléctrico, si no hay ningún dieléctrico entre las paredes 9, 10 metálicas. En la figura 6a se muestran las relaciones respectivas para el caso en el que se encuentra un dieléctrico 1 entre las paredes 9, 10 metálicas. Con la flecha doble 12 se designa también la resolución espacial. En las figuras 5b y 6b se indica para ambos casos la intensidad del campo eléctrico en dirección transversal. Tal como se puede observar enseguida, con el material 1 cerámico dieléctrico se obtiene una homogeneidad considerablemente mayor por la zona de medición.

Mientras que en el caso de la medición del perfil de cigarrillos con una abertura de perfil de 9-10 mm se pueden medir prácticamente todos los tipos de cigarrillos existentes, en la medición del perfil de tableros de partículas se da una particularidad: se necesita un sensor con un diámetro del tubo de la muestra de hasta 35 mm, para recortar a continuación una muestra de un tablero de partículas con un instrumento apropiado (por ejemplo, unas sierras huecas). Dado que las muestras poseen además una densidad claramente mayor, si se utiliza el mismo tipo de resonador que en la medición del perfil de cigarrillos aumentará demasiado la atenuación de microondas mediante transformación de la energía de microondas en calor.

Por este motivo es ventajoso para perfiles de tableros de madera utilizar los modos de resonancia más elevados en lugar del modo base, como el modo  $E_{110}$  o  $E_{120}$  en el caso del resonador cilíndrico (o el modo  $E_{210}$  o  $E_{220}$  en el resonador rectangular). Los métodos de acoplamiento y suministro de muestras son idénticos a los de la figura 1, cambiando solamente las dimensiones si se quiere trabajar con aproximadamente la misma frecuencia de resonancia (véase la figura 2, en la que se ha representado un ejemplo de realización en el que se utiliza el modo cilíndrico  $E_{110}$  para una frecuencia de resonancia de 2,5 GHz y un diámetro interior del resonador de 180 mm, diámetro del tubo de la muestra: 35 mm, distancia entre la placa de base y la placa cobertura: 2 mm, altura de la chimenea: 10 mm).

Dado que el cociente entre la ampliación y la desviación de la frecuencia de resonancia depende únicamente de la humedad y no de la densidad en contraste con un par de puntos de referencia de resonancia vacía según la patente citada anteriormente, este valor de medición de la humedad de las microondas se puede aprovechar para la calibración ante un procedimiento de medición de la humedad (valoración de Karl Fischer, métodos de secado en horno, etc.). Al mismo tiempo existe la posibilidad de una calibración de la densidad independiente de la humedad, captando la influencia de la humedad en la señal primaria de densidad de microondas y la desviación de la frecuencia de resonancia en la calibración de la densidad (como superficie tridimensional de calibración cuyos tres ejes se construyen mediante los ejes de los valores de medición de la densidad de microondas, los ejes de los valores de medición de la humedad de microondas y los ejes de los valores de densidad de referencia).

Las características especiales de estas calibraciones de la humedad y la densidad, así como la independencia del tipo de instrumento especial, la estabilidad a largo plazo, la independencia en gran medida del tipo de producto y aditivos y la independencia del lugar de construcción y propiedades de superficie (color, etc.) son válidas asimismo para los sensores anteriores para la medición de la humedad y la densidad de un perfil.

Sobre esta base se pueden medir los tipos de cigarrillos más variados partiendo de mezclas de tabaco distintas y aditivos, con una única curva de calibración tanto para la medición de la densidad como de la humedad, y se pueden comparar directamente entre sí. Lo mismo sirve para la medición de otras muestras o cuerdas, como por ejemplo testigos de fibras de madera, hilos de lana, cuerdas de plástico, etc.

La figura 7 expone los resultados conseguidos con la disposición de la figura 2 en las mediciones simultáneas de la humedad y la densidad en tableros de fibras de madera. Mientras que los valores de humedad disminuyen claramente a ambos lados del tablero, tal como se espera, los valores de densidad tienen un recorrido similar al método tradicional,

## ES 2 290 977 T3

realizado en paralelo, de la medición del perfil a través de radiación gamma. Con la referencia “X” se designa la densidad en el rango de medición de 300-1300 mg/cm<sup>2</sup>, mientras que se representa con la referencia “0” la humedad en el rango del 0-10%. En la figura 8 se ilustra el perfil de densidad correspondiente, determinado a través de la medición con radiación gamma. En ese caso, el grosor de la muestra fue de 37 mm y el diámetro de la muestra, 35 mm.

Las figuras 9 y 10 muestran los resultados de las mediciones simultáneas del perfil de densidad y humedad en cigarrillos. En la figura 11 se muestra un resonador de microondas rectangular.

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

60

65

# REIVINDICACIONES

1. Resonador de microondas para su conexión a un instrumento de medición para medir el perfil de densidad y/o humedad de una muestra en dirección longitudinal, que presenta un orificio de paso (3) transversal a su extensión plana, estando el orificio de paso limitado por unas paredes metálicas que se extienden en dirección longitudinal, siendo el espacio interior (1) del resonador básicamente plano, con un grosor menor que la extensión transversal perpendicular al mismo, **caracterizado** porque el grosor es al menos 5 veces menor que las dimensiones transversales, y porque el resonador está llenado con dieléctrico que tiene una constante dieléctrica relativa  $\epsilon$  de 2 a 100.

2. Resonador de microondas según la reivindicación 1, **caracterizado** porque el grosor es al menos 10 veces menor que las dimensiones transversales.

3. Resonador de microondas según la reivindicación 1 ó 2, **caracterizado** porque el dieléctrico tiene una constante dieléctrica relativa  $\epsilon$  de 7 a 15.

4. Resonador de microondas según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 3, **caracterizado** porque el orificio de paso (3) se alarga hacia fuera mediante tubos (4) metálicos.

5. Utilización de un resonador de microondas según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 4 en un instrumento de medición, **caracterizada** porque el resonador (1) es cilíndrico y se activa en el modo  $E_{n10}$  ( $n = 0, 1, 2$ ).

6. Utilización de un resonador de microondas según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 4 en un instrumento de medición, **caracterizada** porque el resonador (1) es rectangular y se activa en el modo  $E_{110}$ ,  $E_{120}$  o  $E_{220}$ .

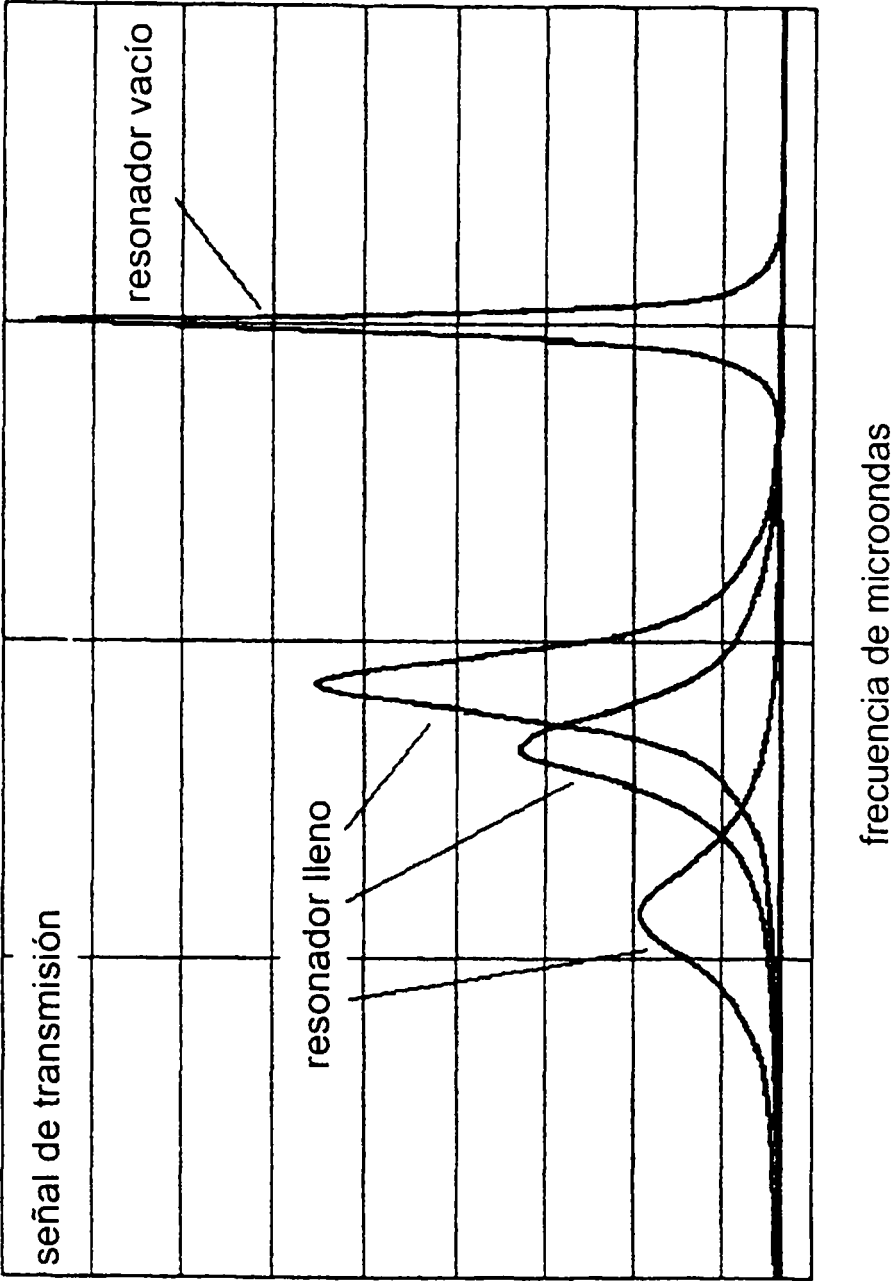
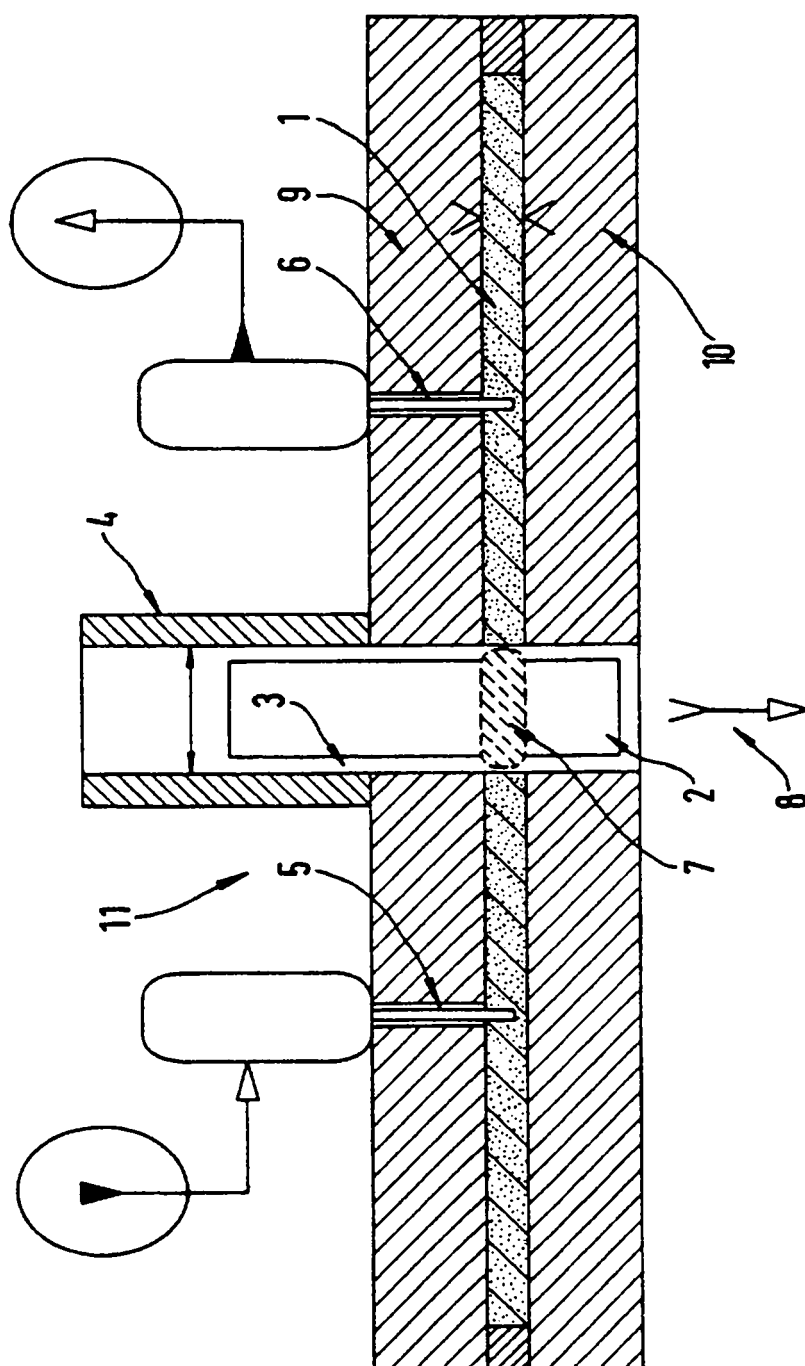


Fig. 1





**Fig. 2**

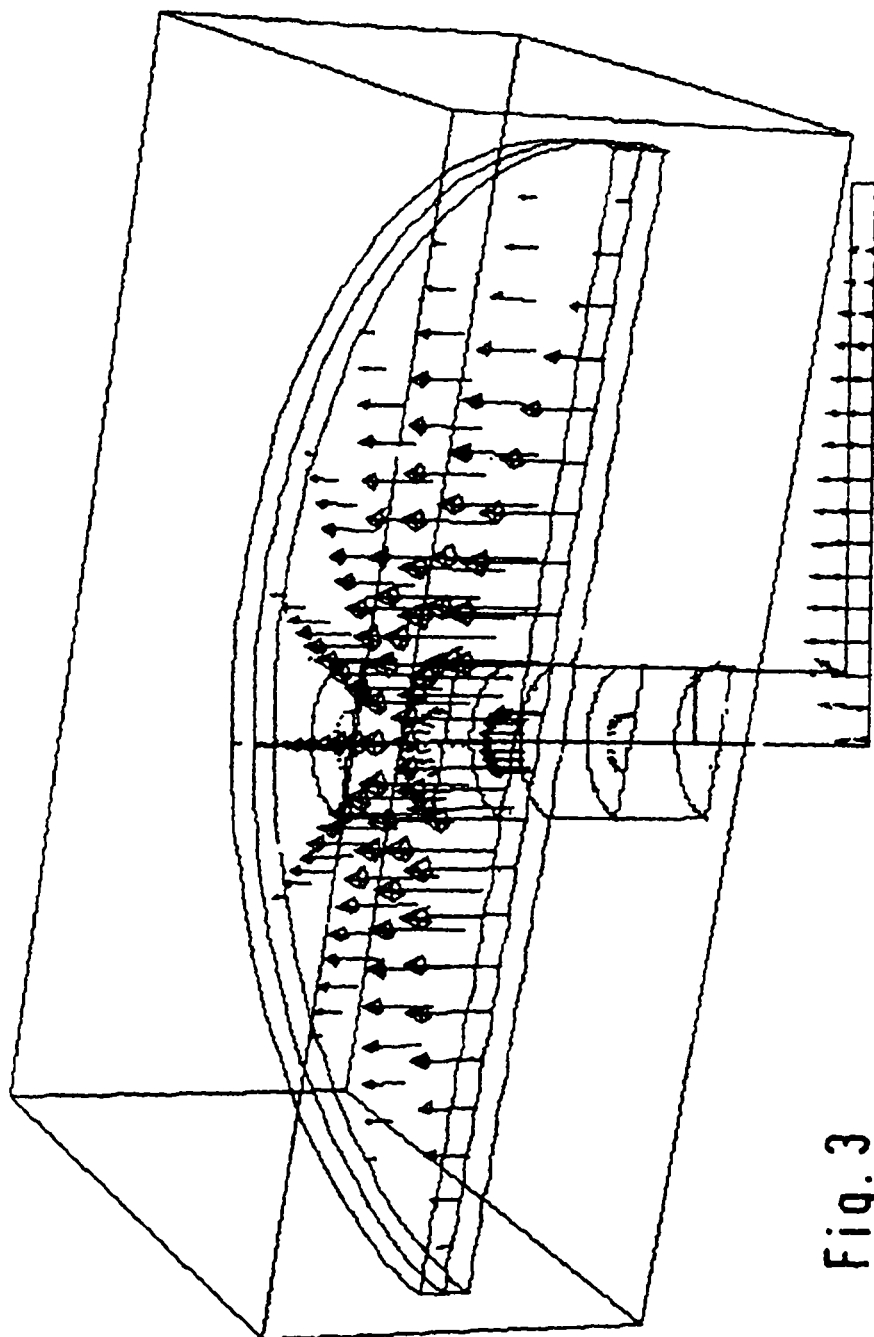


Fig. 3

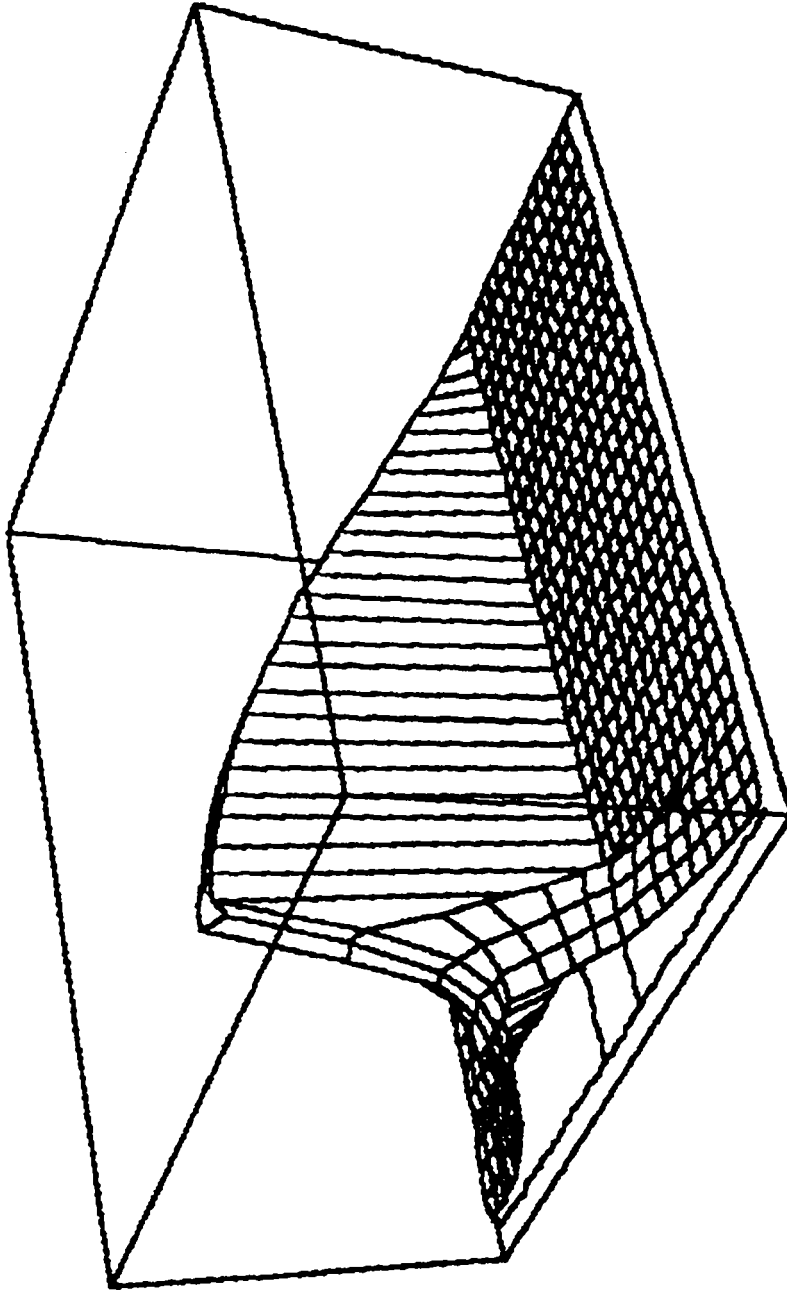


Fig. 4

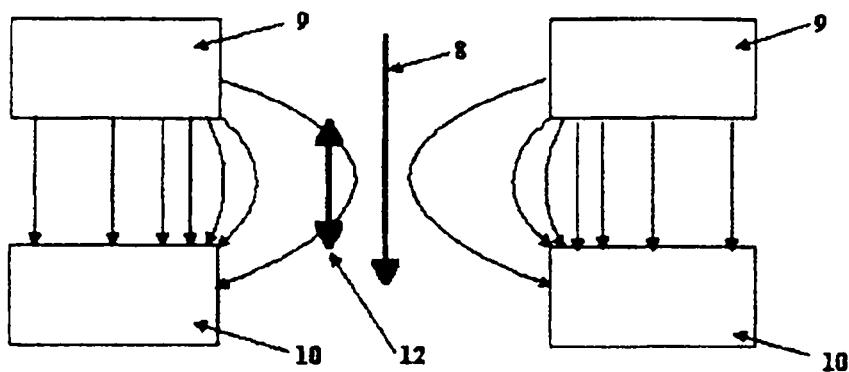


Fig. 5a

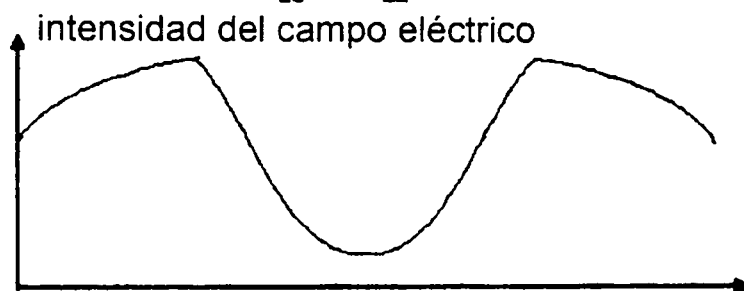


Fig. 5b

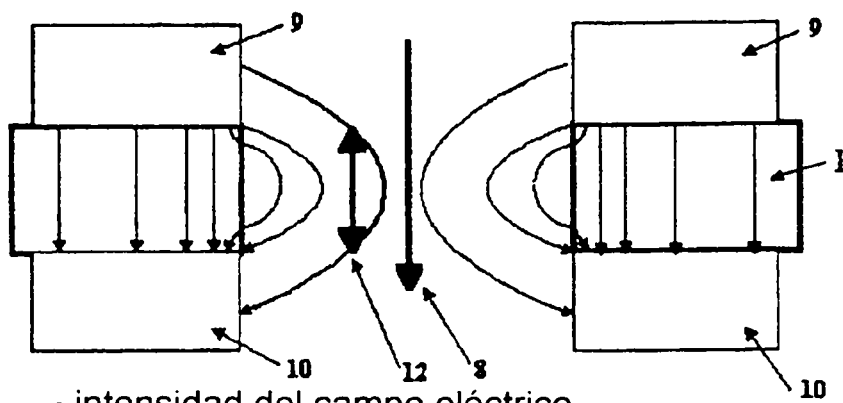


Fig. 6a

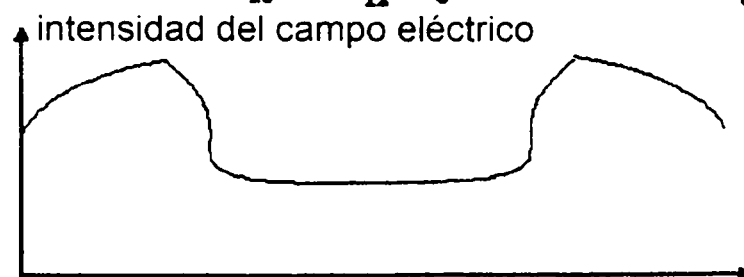


Fig. 6b

Fig. 7

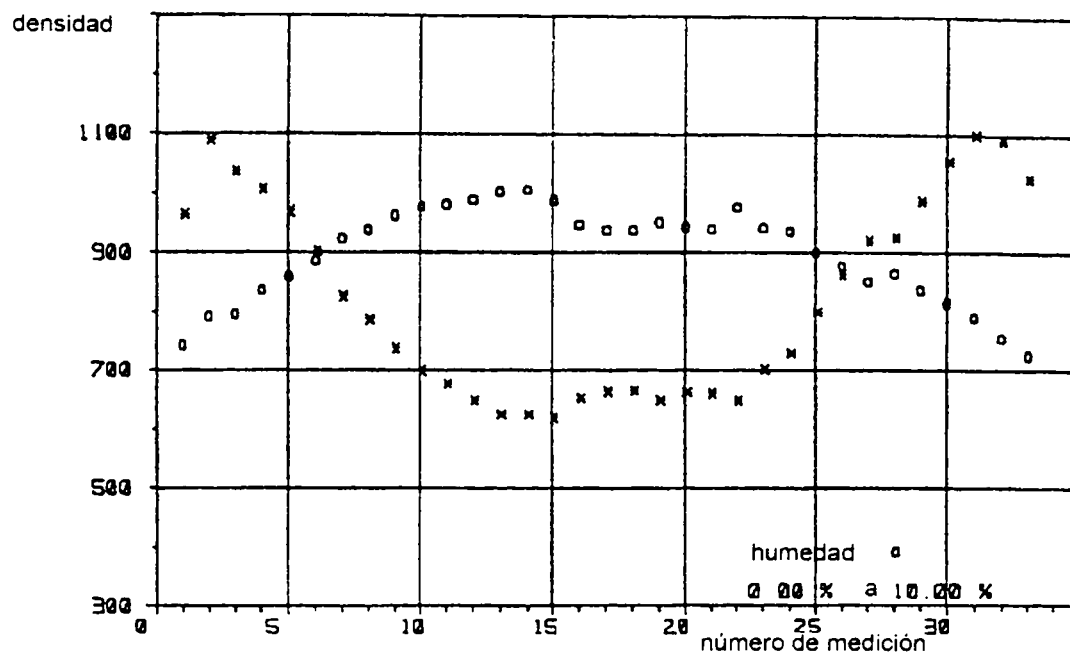


Fig. 8

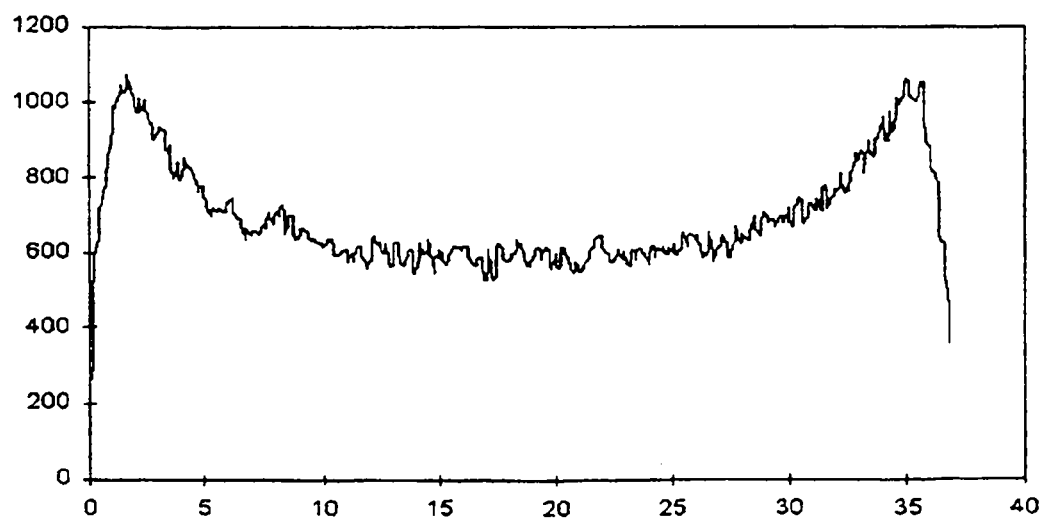


Fig. 9

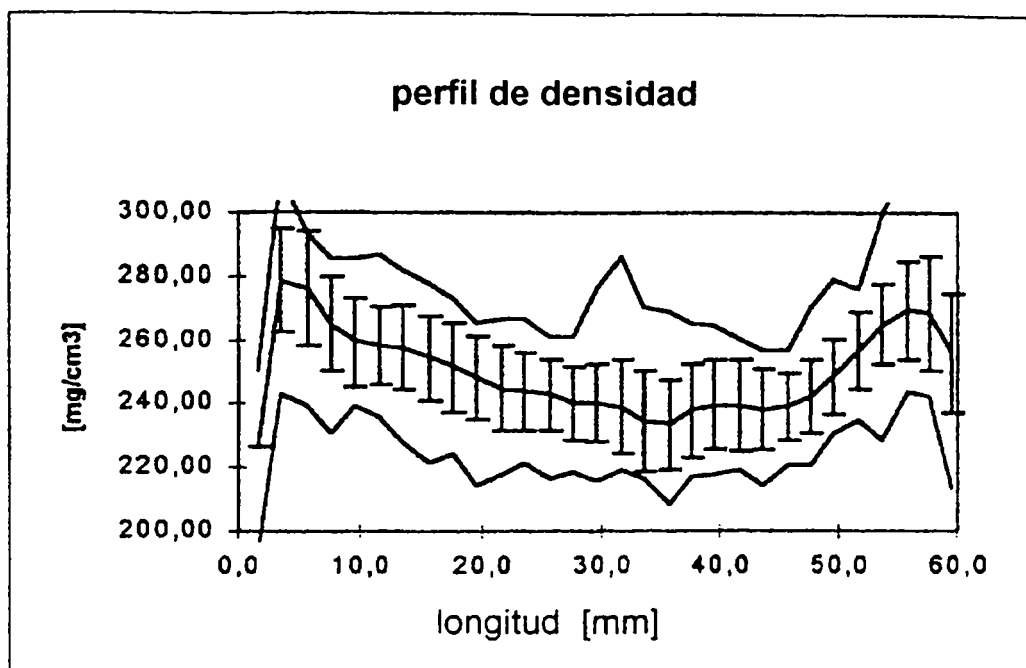
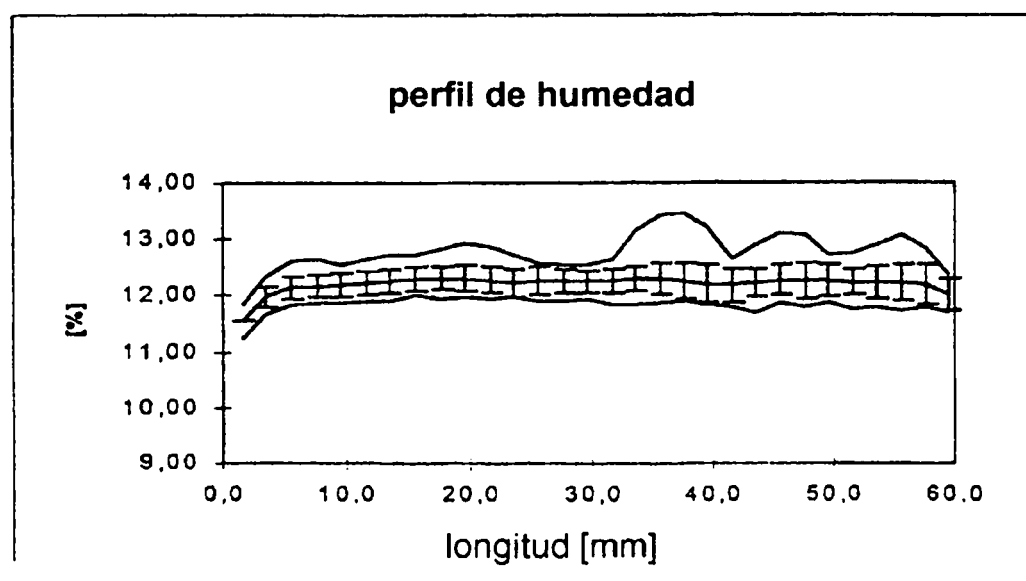
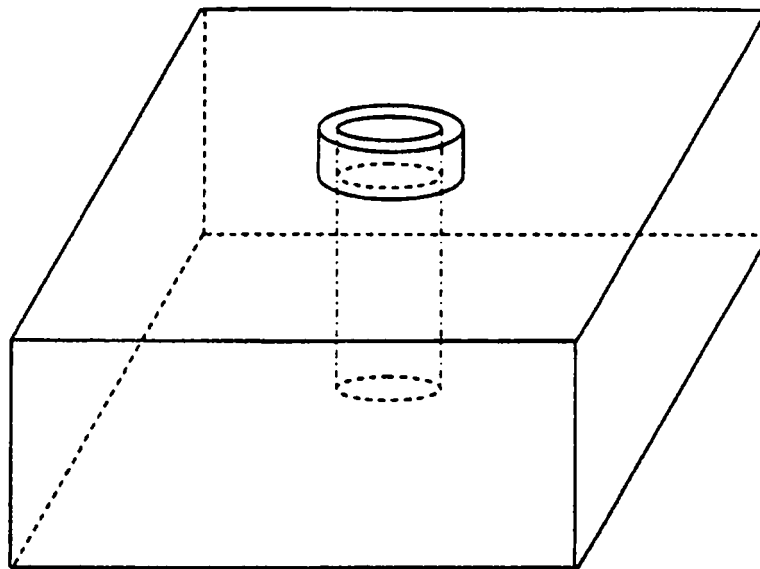


Fig. 10





**Fig. 11**