

Proceso para determinar la humedad de granos y dispositivo asociado

Sector tecnológico

La presente solicitud de patente se refiere a procesos para determinar el contenido de humedad en granos, particularmente granos de café, y dispositivos que permiten dicha medición.

Tecnología anterior

Buena parte del café proveniente de fincas colombianas que se pretende comercializar presenta contenidos de humedad que están por fuera del rango permitido. Datos oficiales de la Gerencia Técnica de la Federación Nacional de Cafeteros de Colombia (FEDERACAFÉ, 2000) indican que, de 4.636 muestras estudiadas, el 38% del café seco en fincas de más de 10 ha de extensión, estaban fuera del rango de humedad admitido para la comercialización del café pergamino seco, que es del 10% al 12%, base húmeda (la base húmeda expresa el contenido de la masa de agua contenida en la muestra dividido por el total de la masa, o sea, la misma agua referida más su materia seca, expresada en forma porcentual). El valor de humedad expresado en base seca se define como el agua dividida solo por la materia seca, que expresa la humedad, mediante una variable más adecuada para los cálculos generales de ingeniería aplicada a materiales húmedos. El café en fruto bien seleccionado como se cosecha en Colombia tiene generalmente el 66% de contenido de humedad, base húmeda, que corresponde al 100% en base seca, o sea, en el caso de la base seca al denominador se le excluye la humedad del grano. En el presente documento se empleará la base húmeda para expresar la humedad de los datos manejados, por ser la más utilizada y la mejor entendida.

Del valor encontrado fuera del rango admisible de humedad, el reporte indica que —el 19%— estaba sobre secado (humedades menores del 10%) y la otra mitad con

humedades mayores al 12%. Esta estadística representa un problema muy serio para la industria cafetera de Colombia y principalmente para el caficultor quien debe recibir un precio inferior por el café sobre secado, mal secado, o debe retornar a su finca con el café rechazado, para terminar el secado del café húmedo, por sus propios medios, o por un agente externo. En cualquiera de los dos procedimientos el caficultor pierde mucho tiempo y dinero. El comprador y el país también pierden porque estos procesos normalmente resultan en demoras por el secado suplementario, y pérdidas de calidad del producto.

La inexistencia de un determinador de humedad preciso, de bajo costo, robusto, y de fácil utilización a nivel de finca, ha sido una de las principales causas para retirar el café del secador, con contenidos de humedad no recomendados y consecuentemente, las pérdidas del producto y el deterioro de su calidad en la etapa de venta las asume el agricultor, quien tradicionalmente ha utilizado métodos empíricos, que no son suficientemente adecuados para estimar la humedad del café, para terminar exitosamente el proceso de secado. Estos métodos tradicionales, que los han aprendido a través de los siglos dentro de la misma comunidad cafetera, se basan en ciertas propiedades del café seco que son observadas por el caficultor, como el color verde-azulado, propio de la almendra del café, su capacidad de ser trillado, o no, con las manos, y observando el efecto producido cuando los granos son sometidos a altas presiones ya sea con sus dientes, o con el filo de una navaja, o de un cuchillo, cuando el grano descansa sobre una superficie plana, como una mesa de madera.

En particular, el método de aplicar grandes presiones sobre un grano, y observar su respuesta es una costumbre ancestral y artesanal. Para el caso de los dientes, cuando al café cede fácilmente a la presión y permite que el grano sea cortado con facilidad, se considera que el grano aún está muy húmedo, y no se lo puede retirar del secador. En caso contrario, cuando el grano no permite ser siquiera penetrado por los dientes, se concluye que el grano ya está sobre secado, con menos del 10% de humedad. En el caso intermedio, o sea, cuando el grano ofrece apreciable resistencia a ser perforado, pero finalmente cede, indica que ese café puede estar en el punto seguro para ser retirado del secador, o sea que puede estar dentro del rango del 10 al 12% de humedad, base húmeda. Como se anotó, en muchas ocasiones se emplea el filo de un cuchillo o de una navaja sobre un grano

descansando en una superficie plana. En este caso, siempre es posible dividir los granos del café, y cuando está más húmedo de lo permitido, el grano se deja cortar fácilmente. Cuando el grano está demasiado seco, hay necesidad de ejercer una alta fuerza y el grano no es cortado, sino que se revienta súbitamente y se divide en dos o más partes, sin penetrar el utensilio dentro del grano. Se considera que el grano está en el punto cercano para terminar su secado, cuando es cortado, pero resiste bastante al cortado por el filo de la herramienta, pero sin reventarse.

Además de lo anterior, y aun estimando de manera correcta la humedad del grano, el método utiliza solamente un solo grano por prueba y solo un grano nunca es una buena muestra representativa para estimar la humedad de un conjunto de granos de café. Puede realizar hasta diez muestras, pero, aun así, no son suficientes. Una muestra es representativa a partir de los 60 granos.

Los granos de café normalmente presentan diferentes humedades dentro del secador. Esto se da por varias razones, entre ellas sus diferencias de tamaño, porque los granos pequeños secan bastante más rápido que los granos normales. simplemente porque es menor el camino del agua a recorrer, dentro del medio poroso del grano. De otro lado, casi siempre las capas de café dispuestas en los secadores secan en forma desigual, porque las condiciones de temperatura y humedad del aire, en los secadores, son diferentes. En general, los granos más cercanos a las temperaturas más altas y humedades más bajas secan bastante más rápido. Para uniformizar su humedad, los secadores tienen la capacidad de invertir la dirección del flujo del aire, cada 4, 6 u 8 horas, mediante el accionamiento manual de compuertas metálicas. Solamente tomando muestras de granos estadísticamente representativas, se podrá estimar que una capa de café puede presentar una determinada humedad, si se utiliza un procedimiento de medición idóneo. El momento más crítico es siempre, cuando debe decidirse en qué momento se debe terminar el proceso de secado.

El resultado del uso de los métodos artesanales, como se comentó, es en general muy deficiente, y explica, en gran parte, que más de la tercera parte del café que se retira de las fincas está fuera del rango aceptado para su comercialización, lo que representa muchas pérdidas para los agricultores y para el país.

Los modernos determinadores de la humedad del café y de otros granos –de los cuales hay muchos modelos— se basan en las lecturas de equipos electrónicos, provistos de sensores que utilizan las propiedades dieléctricas, de capacitancia y resistivas para correlacionar sus lecturas con los contenidos de humedad de las muestras.

En el caso del café –que es uno de los granos con mayor contenido de humedad inicial (53%, en promedio, base húmeda)— su secado, en secadores mecánicos, dura en promedio 30 horas, mientras que la mayoría de otros granos como la soya, el maíz, el frijol, el arroz, el trigo y la cebada, se cosechan bastante secos y su secado mecánico complementario, no dura más de 5 horas, en promedio.

Se ha demostrado científicamente (Cfr. Roa y col. 2000) que cuando estos equipos electrónicos se utilizan para medir la humedad del café al final del período de secado, y se procede a comparar sus mediciones con relación a los resultados de aplicar el método estándar que utiliza las diferencias de peso en muestras de café retiradas y las secadas completamente, sometiéndolas a la temperatura de 130 grados Celsius, durante 30 horas, en una estufa de transferencia de calor por convección, de laboratorio, los resultados obtenidos, siempre han sido superiores a los arrojados por los equipos rápidos, electrónicos. Lo anterior se explica, porque estos últimos equipos son diseñados para mediciones de granos almacenados, reposados, con más de 2 o 3 días de reposo, después de salir del secador. El medidor electrónico indica menor humedad que el método standard de la estufa, cuando la muestra sale inmediatamente del secador, porque los equipos citados se equivocan, porque están midiendo preferentemente la humedad de las caras externas de los granos, que contienen, siempre menos humedad que el promedio de humedad del café del grano, como es explicado en los estudios avanzados de la difusividad del agua en medios porosos, como los granos.

El resultado general, es que muy pocos caficultores utilizan los sistemas sofisticados electrónicos de medición existentes por la inexactitud mencionada, por sus muy altos precios y por la necesidad de su calibración anual continua –lo que es muy difícil de realizar y también muy costoso— en cualquier medio rural de los países en desarrollo, para los productores de café y de otros granos tropicales. Además, el posible factor de utilizar un medidor de humedad descalibrado –lo que es muy

común, aún en los laboratorios— agrava mucho más los problemas de comercialización del café.

Ahora bien, la medición de humedad de los granos de café que están siendo sometidos al proceso de secado es un problema técnico de difícil estimación por razones adicionales a las ya expuestas. En efecto, la historia del secado de los granos puede afectar la medición real de la humedad. Si se varían las condiciones establecidas de temperatura y humedad del aire de secado con relación al tiempo – como por ejemplo después de una parada por falta de energía eléctrica— las humedades dentro de los granos se homogenizan en el descanso y al iniciar nuevamente el secador se tendrán mayores tasas de secado de los granos. Consecuentemente su secado será bastante diferente, introduciendo nuevas razones para tener diferentes contenidos de humedad en cada lugar de las capas. Solo el uso de un buen determinador de humedad, rápido, preciso, robusto y de bajo costo, podrá ayudar a entender cómo manejar adecuadamente el proceso de secado para obtener un grano seco dentro del margen de humedad recomendado y con la mayor uniformidad posible. En resumen, la distribución de la humedad interna, dentro de cada grano, es única para cada grano y depende de la historia del proceso de secado, del tipo de secador y de la magnitud de las variables de secado. Así, granos con igual contenido de humedad, pero con diferentes historias de secado, pueden originar diferentes medidas de contenidos de humedad en el mismo determinador utilizado. Lo opuesto también puede ser cierto, granos con diferente contenido de humedad promedia pueden originar lecturas iguales en un determinador de humedad inadecuado.

Discusiones y pruebas experimentales con diferentes determinadores de humedad electrónicos, comparadas con el método estándar de la estufa, son discutidos y presentados en el libro *Beneficio Ecológico del Café* (Roa y col., 1999).

Descripción detallada de la invención

Para disminuir la gran deficiencia técnica de no disponer de determinadores de humedad precisos, robustos y de bajo precio , se propone aquí un nuevo procedimiento para determinar el contenido de humedad, con base a las características mecánicas de muestras entre 70 y 90 gramos, a la que se le aplican

fuerzas que sobrepasan los 10.000 Newtons, o su equivalente, de presiones resultantes de hasta 5 millones de Newtons por metro cuadrado, que propician disminuciones del volumen, y del aplastamiento total de la muestra del café.

Se logra así disminuir el volumen de la muestra hasta el 50% del volumen inicial. En estas condiciones el grano pierde su forma original y se aproxima más a placas delgadas, y su humedad puede ser medida, más rápidamente y con mayor precisión.

La toma de datos correspondientes a las fuerzas aplicadas a las muestras, en cada uno de los experimentos presentados, se realiza dividiendo el tiempo total de la aplicación de la fuerza total entre 8 a 10 intervalos de aplicaciones de fuerzas parciales. En cada una de las aplicaciones parciales de las fuerzas se anota la fuerza ejercida mediante la lectura de la compresión lineal (9) del resorte. En el siguiente intervalo, se aplica una nueva fuerza en forma adicional a la fuerza aplicada en el intervalo anterior, de forma que la lectura anotada (9) corresponde a la aplicación de la fuerza en el momento, sumada a la anterior y a otras fuerzas parciales que hubieran sido aplicadas anteriormente, de la misma forma como actúa un cilindro o gato hidráulico, cuando se aplica la fuerza parcial, al bajar la palanca, y se la sube nuevamente para proceder a aplicar el siguiente fuerza parcial acumulativa. Se denomina a esta forma de aplicación de las fuerzas mediante el término de fuerzas aplicadas en forma acumulativa, o simplemente fuerzas acumulativas, procedimiento que se repetirá hasta terminar el experimento individual.

En los mismos instantes de las aplicaciones de las fuerzas acumulativas, se miden también las reducciones de los volúmenes acumulativos correspondientes, o sea que, para cada aplicación de las fuerzas parciales, o fuerzas acumulativas, corresponde la reducción parcial del volumen de la muestra, más las anteriores reducciones causadas por las anteriores aplicaciones de las fuerzas acumulativas.

Como la presión mecánica ejercida sobre los granos es la variable que incide directamente en la disminución del volumen de las muestras y es definida como la fuerza dividida por el área transversal del cilindro, a cada fuerza acumulativa descrita en los párrafos anteriores, corresponderán similarmente las presiones acumulativas suministradas, dividiendo las fuerzas aplicadas por el área transversal del cilindro hueco.

Todas las fuerzas aplicadas acumulativas en cada uno de los experimentos presentados en las Figuras 2 y 3 variaron entre 0 Newtons hasta el máximo de 9.800 Newtons, que correspondió a la máxima compresión posible del resorte, Figura 1 (10).

En términos de presiones, la presión mínima comenzó en 0 y la máxima corresponde a la máxima fuerza de 9.806 Newtons dividida por el área del pistón utilizado que fue de 0,00197 metros cuadrados. Por tanto, todas las experiencias variaron desde 0 hasta el valor máximo de 4.994.000 Newtons, o aproximadamente a 5.000 kiloNewtons por metro cuadrado, que es precisamente el rango de presiones utilizadas en la coordenada horizontal de las Figuras 2 y 3.

El objeto de la presente solicitud de patente se basa en principios netamente físicos, de propiedades mecánicas de los granos sometidos a compresión, a diferencia de las medidas de las propiedades eléctricas de conductividad, de capacitancia y de propiedades dieléctricas de los medidores electrónicos popularmente utilizados, pero que fallan al aplicarlos al café, principalmente cuando se procede a retirarlos de los secadores. Además, se pretende presentar un método extremadamente simple al que caficultores -incluyendo pequeños caficultores— puedan acceder y manejar de manera sencilla.

En particular, el fundamento del nuevo método de medición del contenido de humedad de la muestra resulta de correlacionar el efecto de las presiones mecánicas aplicadas a la muestra y las disminuciones de sus volúmenes resultantes.

La presente invención describe un nuevo proceso para determinar la humedad de granos, particularmente granos de café. Un equipo, como el mostrado en la figura 1, puede ser empleado para llevar a cabo el procedimiento. A continuación, se presenta el proceso que toma lugar, dividido en dos partes:

Primera parte: establecimiento de patrones

La primera parte consiste en encontrar las correlaciones entre las presiones acumulativas suministradas y las disminuciones de los volúmenes acumulativos resultantes, a partir de 9 muestras diferentes de café, con contenidos de humedades conocidas, que variaron entre 2.9 y de 17.3 %.

La primera parte del procedimiento consiste en las siguientes etapas:

- 1) Tomar una muestra de granos, con una masa comprendida entre los 70 y 90 gramos, con una humedad conocida.
- 2) Introducir la muestra de granos (1) (ver Figura 1), en un cilindro hueco con fondo (2) a donde se le aplica una fuerza proveniente de un pistón (8) que entra al cilindro para comprimir los granos.
- 3) Aplicar las fuerzas acumulativas descritas a los granos, hasta un valor máximo entre 9 mil y 10 mil Newtons, que corresponden a presiones máximas acumulativas equivalentes entre 4,5 y 5 millones de Newtons por metro cuadrado, de manera que sean comprimidos y su volumen final se haya reducido hasta el 50%, con relación a su volumen inicial.
- 4) Medir las fuerzas acumulativas aplicadas y los volúmenes reducidos acumulativos, de la muestra.
- 5) Tomar muestras de granos de humedades conocidas, diferentes a los ya medidos, y repetir los pasos, desde «1» hasta «4» hasta completar el rango de humedad del 2.9 al 17.3%.
- 6) Identificar las correlaciones matemáticas entre la humedad, las fuerza aplicadas y las reducciones de los volúmenes acumulativos obtenidos.

El resultado del análisis de todos los datos experimentales es una relación matemática entre la humedad, las presiones mecánicas resultantes, las compresiones acumulativas de los volúmenes resultantes, con diferentes contenidos de humedad de los granos. Esta relación matemática será la base principal para los análisis posteriores de los granos, especialmente cafés, que el equipo realiza cuando los caficultores proceden a utilizarlo.

Segunda parte: medición del café a comercializar

Para determinar la humedad del café a comercializar se siguen los siguientes pasos:

- 1) Tomar una muestra de granos a comercializar con su humedad desconocida.
- 2) Introducir los granos en el cilindro hueco con fondo (2) donde entra un pistón (8) que comprime los granos.
- 3) Aplicar las fuerzas acumulativas, hasta un valor máximo entre 4,5 mil y 5 mil Newtons, que corresponden a presiones equivalentes de entre 4,5 millones y 5 millones de Newtons por metro cuadrado a los granos, mediante el pistón (8) hasta que el volumen resultante alcance el 50% del volumen inicial.
- 4) Medir la fuerza acumulativa aplicada (11)

- 5) Determinar el contenido de humedad de la muestra con base en las relaciones matemáticas logradas en la primera parte.

Debe considerarse que se pueden emplear tecnologías ampliamente disponibles para facilitar el procedimiento que se reivindica. Pueden emplearse elementos electrónicos tales como microcontroladores (14), sensores, o decodificadores (12) y (13) junto con mecanismos de intercomunicación entre sí. Un microcontrolador puede analizar las informaciones recibidas de los decodificadores y comparar con los datos de referencia, para que, estime matemáticamente, en forma correcta la humedad media del café (14).

La presente invención consta de un procedimiento y de uno de los posibles dispositivos que permiten llevar a cabo dicho procedimiento. El dispositivo consta de las siguientes partes:

- 1) Una estructura (3) compuesta por dos columnas y un elemento transversal que las une en la parte superior
- 2) La estructura se soporta en una placa que está anclada al piso (4)
- 3) Sobre la placa se encuentra un cilindro (2) para el depósito de la muestra de granos, compuesto por cilindro hueco con fondo, sobre el que un pistón (8) puede desplazarse por el interior del cilindro de manera vertical.
- 4) Un tornillo (6) que se encuentra sostenido parcialmente, por el elemento transversal de la estructura.
- 5) Un pistón (8) que asciende o desciende con ayuda del tornillo (6) y que transmite la fuerza para comprimir los granos depositados en el cilindro.

Dentro de las posibles variaciones que tiene el desarrollo, el tornillo (6) puede ser desplazado por medio de una volante (7) – para hacer la prensa más económica— o por un motorreductor, o un cilindro hidráulico, o una palanca. Como ya se ha comentado, este tipo de dispositivos pueden emplear tecnologías más recientes tales como microcontroladores (14), sensores, o decodificadores (12) y (13) junto con mecanismos de intercomunicación entre sí. Un microcontrolador puede analizar las informaciones recibidas de los decodificadores y compararlas con los datos de referencia, para que, estime matemáticamente, en forma correcta la humedad media del café (14).

La forma de emplear el dispositivo en el proceso se muestra a continuación:

- 1) Tomar la muestra de granos en forma similar a la ya indicada.
- 2) Introducir la muestra de granos, en el cilindro hueco con fondo (2) a donde se le aplican fuerzas acumulativas provenientes del pistón (8) que entra al cilindro para comprimir los granos.
- 3) Aplicar fuerzas acumulativas, o presiones equivalentes, mediante el pistón (8) que se desplaza por las acciones mecánicas del tornillo mecánico (6) y del volante (7) de manera que los granos sean comprimidos y su volumen disminuya hasta cuando estén completamente aplastados. El volumen resultante llegará a ser hasta el 50% del volumen inicial.
- 4) Medir las fuerzas acumulativas aplicadas (11) mediante las lecturas del codificador (12), que recibe continuamente la compresión lineal del resorte (10) y, simultáneamente, otro codificador rotatorio (13) mide la disminución del volumen acumulativo de los granos (9), lecturas que son enviadas en forma simultánea al microcontrolador (14).
- 5) El contenido de humedad de las muestras (ya sea para introducir información conocida o para determinar una humedad) se gestiona a través de un microcontrolador.

Debe considerarse que se pueden emplear tecnologías ampliamente disponibles para facilitar el procedimiento que se reivindica y emplear de mejor manera el dispositivo enseñado. Pueden emplearse elementos electrónicos tales como microcontroladores (14), sensores, o decodificadores (12 y 13) junto con mecanismos de intercomunicación entre sí. Un microcontrolador puede analizar las informaciones recibidas de los decodificadores y comparar con los datos de referencia, para que, estime matemáticamente, en forma correcta la humedad media del café (14).

Resumen de las figuras

La figura 1 enseña un esquema del tornillo prensa utilizado para desarrollar un procedimiento apto para la estimación del contenido de humedad de los granos, como resultado de las aplicaciones de fuerzas acumulativas y las reducciones de los volúmenes acumulativos, por sus compresiones y aplastamientos.

La figura 2 muestra un ejemplo de la relación entre las fuerzas acumulativas aplicadas a

una muestra de granos, y su disminución del volumen acumulativo, para un contenido de humedad de la muestra de 8.3%, base húmeda.

El eje de las coordenadas horizontales indica las presiones mecánicas acumulativas, expresadas en miles de Newtons por metro cuadrado de la sección del cilindro hueco. Las coordenadas verticales indican el valor de las reducciones de los volúmenes acumulativos correspondientes que variaron entre el valor de 0, cuando ninguna presión mecánica fue ejercida, hasta el valor máximo de 1, que corresponde al valor máximo de las presiones acumulativas, que corresponden además a la compresión máxima del resorte (10)

La figura 3, por su parte, indica un ejemplo de las relaciones entre las presiones acumulativas aplicadas a 9 muestras de granos, y las disminuciones de sus volúmenes acumulativos correspondientes para 9 valores de contenido de humedad de las muestras, que variaron desde 2.9 % hasta 17.3 %.

Formas de llevar a cabo la invención

El procedimiento y el dispositivo de la presente invención fueron probados en laboratorios, donde diferentes muestras de granos de café, con humedades conocidas, fueron sometidos a compresiones. En la Figura 2, las fuerzas acumulativas aplicadas a las masas del café se colocan en el eje de las abscisas. Los volúmenes reducidos acumulativos del café, en el eje de las ordenadas.

Los valores correspondientes de las fuerzas aplicadas y volúmenes obtenidos corresponden a las lecturas reales medidas en milímetros (11) y (9) de la Figura 1, que representan las fuerzas acumulativas reales suministradas y las reducciones de los volúmenes acumulativos obtenidas. En el caso de las fuerzas acumulativas, que corresponden a la compresión del resorte (10) la máxima fuerza corresponde al valor mínimo de la lectura y la fuerza es nula cuando el resorte no está comprimido, posición máxima de la lectura. Lo mismo ocurre en la compresión de los granos, la compresión máxima ocurre en el menor valor del desplazamiento (9) de la Figura 1, que corresponde al mayor valor de la penetración del pistón en el cilindro. Para el análisis matemático de los datos no fue necesaria ninguna conversión porque lo único importante, en el presente caso, es la correlación matemática relativa entre las fuerzas acumulativas aplicadas y las reducciones de los volúmenes acumulativos correspondientes, para cada valor de humedad, independiente de las unidades

utilizadas. No obstante, las dimensiones indicadas en las Figuras 2 y 3, corresponden, como debe ser, a las unidades del sistema internacional de medidas.

La misma experiencia fue repetida para otras 8 muestras adicionales. Las 9 muestras completas correspondieron a los siguientes contenidos de humedad, base húmeda, 2.88%, 3.69%, 4.15%, 5.42%, 6.24%, 8.30%, 10.50%, 13.30% y 17.3%. Los resultados de todas las compresiones y aplastamientos obtenidos, como función de las aplicaciones de las diferentes fuerzas acumulativas, están indicadas en la Figura 3, que corresponden a las mismas configuraciones y explicaciones dadas con relación a la Figura 2. En efecto, la Figura 2 es reproducida en la Figura 3. Su curva, con humedad del 8.3% corresponde a la sexta curva contada desde arriba hacia abajo.

Posteriormente, con los resultados obtenidos, y empleando el mismo dispositivo, fueron llevados a fincas cafeteras para evaluar la humedad de granos de café de humedad desconocida.

Reivindicaciones

1. Proceso para determinar el contenido de humedad de los granos, particularmente granos de café, **CARACTERIZADO PORQUE** incluye las siguientes etapas:
 - a. Tomar una muestra de granos con una humedad conocida
 - b. Introducir la muestra de los granos en un cilindro hueco con fondo, que se cierra en el momento que entra el pistón en el cilindro para comprimir los granos.
 - c. Aplicar una fuerza de entre 9 mil y 10 mil Newtons, que corresponden a presiones equivalentes de entre 4.5 mil y 5 millones de Newtons por metro cuadrado a los granos, de manera que sean comprimidos y su volumen final se haya reducido hasta el 50%, con relación a su volumen inicial.
 - d. Medir la fuerza aplicada y el volumen reducido de la muestra
 - e. Tomar muestras de granos de humedades conocidas, diferentes a los ya medidos, y repetir los pasos, desde «a» hasta «d» hasta completar el rango de humedad del 2.9 al 17.3%.
 - f. Identificar la correlación entre la humedad, la fuerza aplicada y la reducción de volumen obtenido para la muestra.
 - g. Repetir el procedimiento hasta encontrar una correlación entre fuerza aplicada y/o presiones equivalentes, contra humedad en el rango de humedades entre 2.5% y 17.3%.
 - h. Elaborar, con la información obtenida en la etapa g) un modelo matemático que permita calcular el contenido de humedad en relación con la fuerza aplicada.
 - i. Tomar una muestra de granos con humedad desconocida
 - j. Realizar los pasos desde «b» hasta «d» con la muestra de granos de humedad desconocida.
 - k. Determinar la humedad de la muestra de granos con base en la correlación matemática obtenida en el punto h.

2. Proceso para determinar la humedad de granos de acuerdo con la reivindicación 1 **CHARACTERIZADO PORQUE** la fuerza aplicada al cilindro por medio de un pistón dirigida a aplastar la muestra de granos puede ser suministrada por una prensa hidráulica, un motorreductor o una palanca
3. Proceso para determinar la humedad de granos de acuerdo con la reivindicación 1 **CHARACTERIZADO PORQUE** las medidas tomadas pueden ser enviadas a un microcontrolador para desarrollar nuevos modelos matemáticos y/o determinar humedades de muestras.
4. Dispositivo para determinar el contenido de humedad de granos, particularmente granos de café **CHARACTERIZADO PORQUE** consta de las siguientes partes:
 - a. Una estructura compuesta por dos columnas y un elemento transversal que las une en la parte superior (3)
 - b. La estructura (3) se soporta en una placa (4) que está anclada al piso.
 - c. Sobre la placa se encuentra un cilindro hueco con fondo (2), para el depósito de los granos, cilindro abierto en su parte superior, sobre el cual un pistón (8) se desplaza en forma vertical, descendente, por el interior del cilindro (2).
 - d. Un tornillo (6) que se encuentra parcialmente sostenido por el elemento transversal de la estructura (3)
 - e. Un pistón (8) que asciende o desciende por la acción del del tornillo (6) que transmite la fuerza para comprimir los granos depositados en el cilindro (2)
5. Dispositivo para determinar la humedad de granos de acuerdo con la reivindicación 4 **CHARACTERIZADO PORQUE** el tornillo (6) es accionado por medio de una volante (7) manual.

6. Dispositivo para determinar la humedad de los granos de acuerdo con la reivindicación 4 CARACTERIZADO PORQUE se aplica la fuerza al pistón (8) por medio de un tornillo prensa.
7. Dispositivo para determinar la humedad de granos de acuerdo con la reivindicación 4 CARACTERIZADO PORQUE incluye dispositivos electrónicos para medir la fuerza aplicada a los granos y sus correspondientes disminuciones de volúmenes.
8. Dispositivo para determinar la humedad de granos de acuerdo con la reivindicación 7 CARACTERIZADO PORQUE las mediciones electrónicas son enviadas a un microcontrolador que computa las diferentes medidas, en conjunto con todas las variables y las propiedades físicas que constituyen el modelo global de simulación matemática del proceso de prensado del café, y de otros granos afines.

FIGURAS

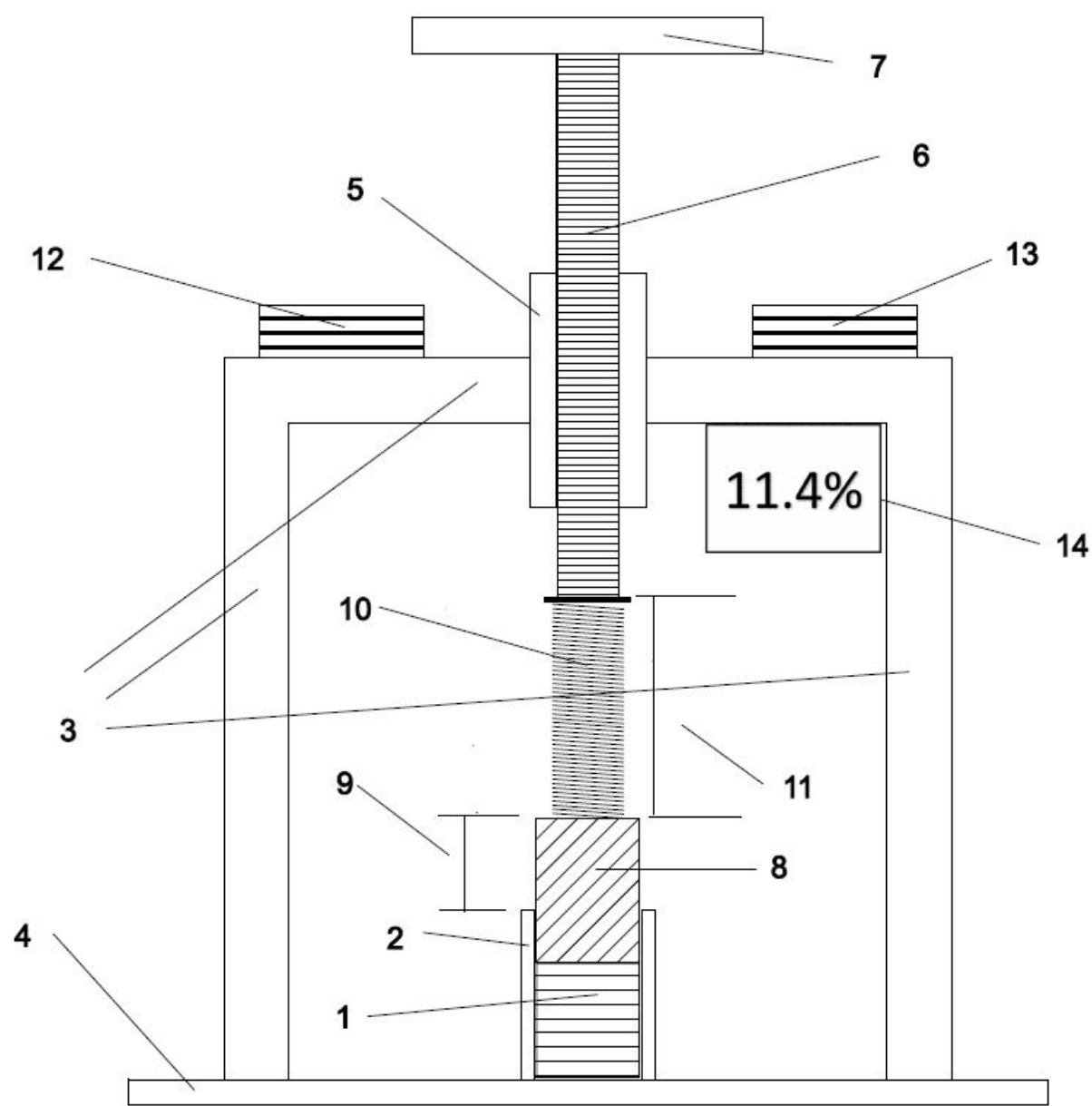
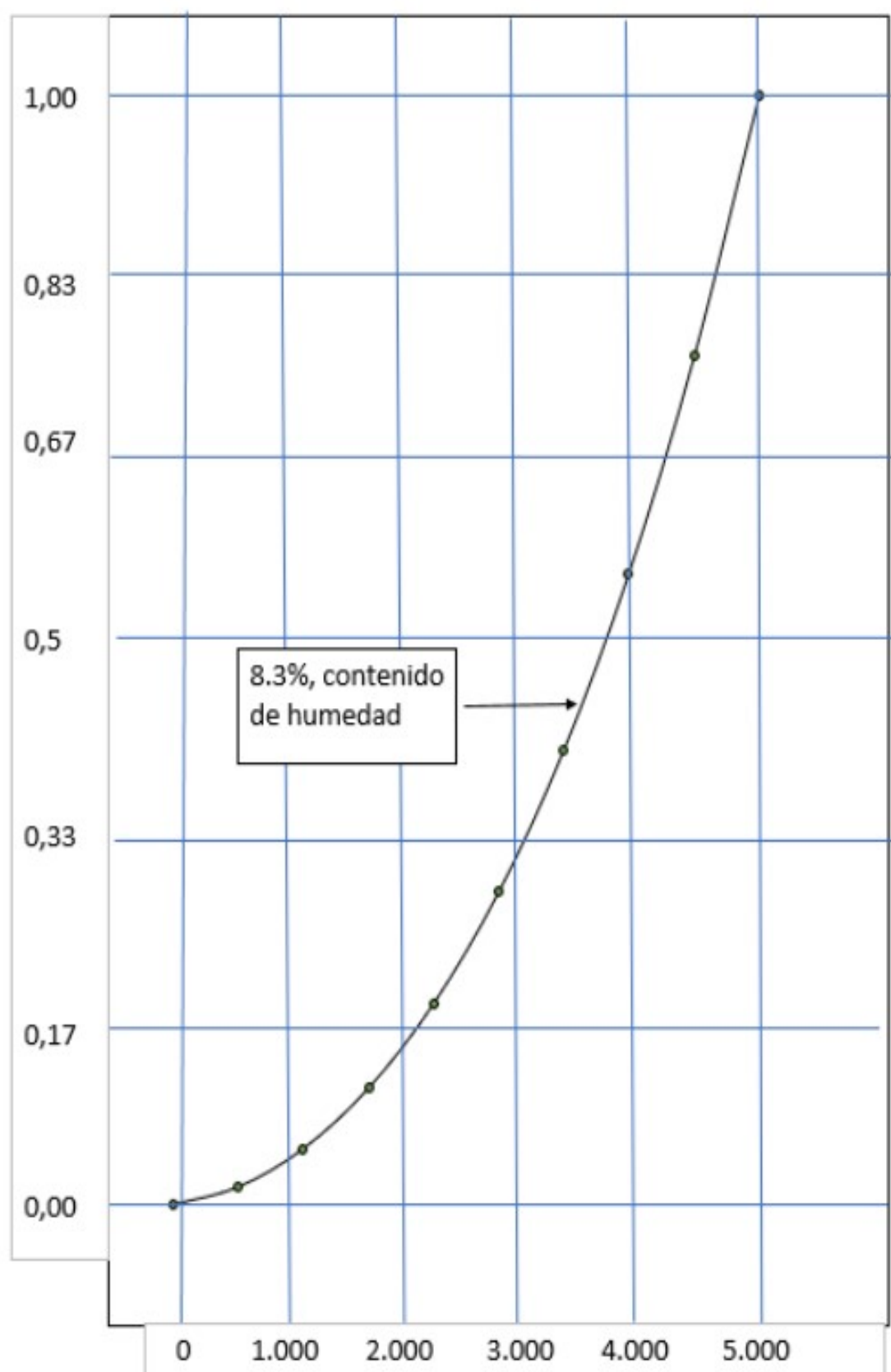


Figura 1

Disminución del Volumen Acumulativo de la muestra,
desde 0, sin ninguna presión, hasta 1, con la máxima Presión Acumulativa.



Presiones Acumulativas suministradas a la muestra de granos, en
kiloNewtons por metro cuadrado

Figura 2

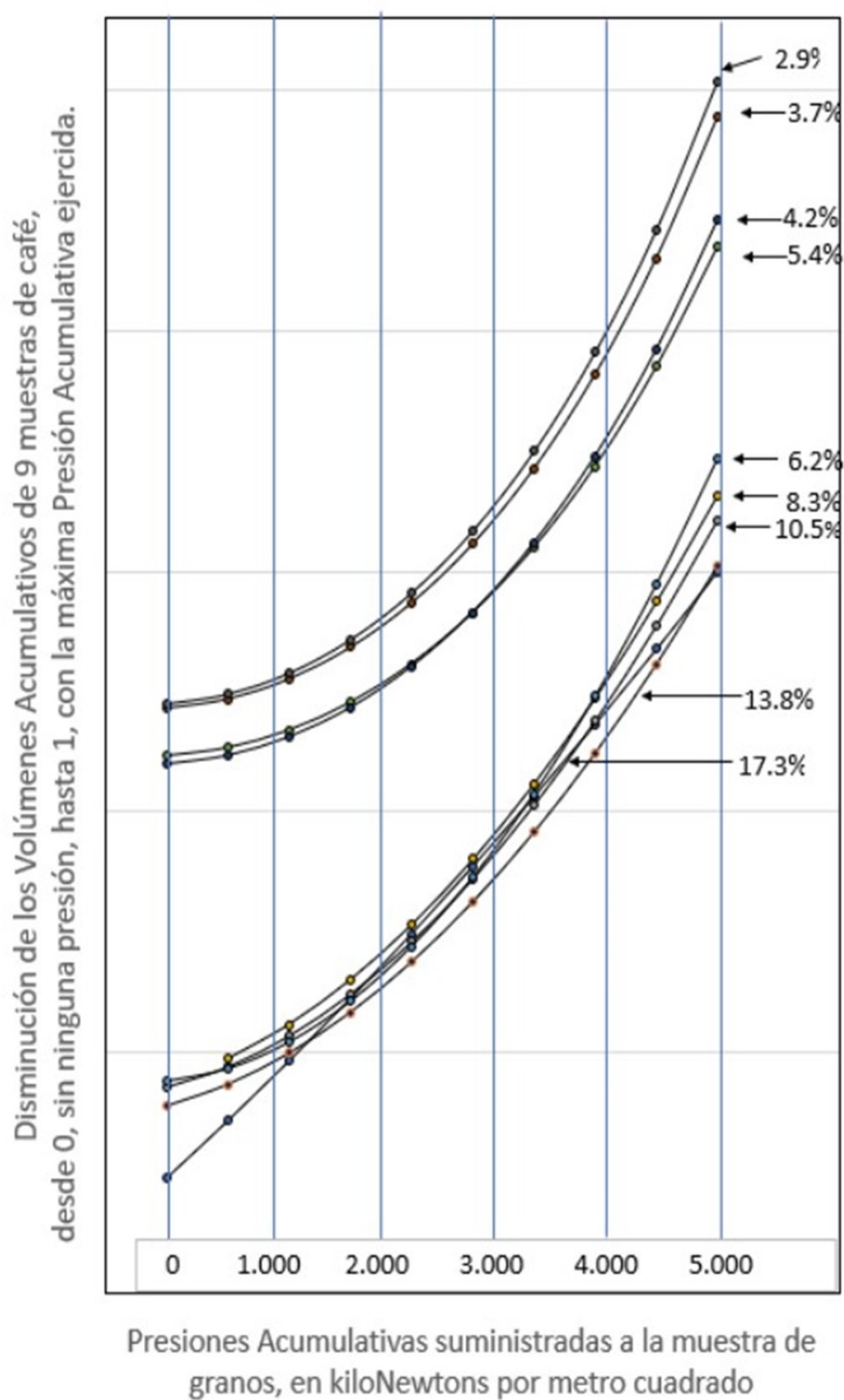


Figura 3

RESUMEN DE LA INVENCION

La presente invención se relaciona con un proceso y un aparato para determinar el contenido de humedad de los granos, particularmente granos de café, que incluye las siguientes etapas:

- a. Tomar una muestra de granos con una humedad conocida.
- b. Introducir la muestra de los granos en un cilindro hueco con fondo, que se cierra en el momento que entra el pistón en el cilindro para comprimir los granos.
- c. Aplicar fuerzas entre 9 mil y 10 mil Newtons, en forma acumulativa, o presiones equivalentes de entre 4,5 millones y 5 millones de Newtons por metro cuadrado a los granos, de manera que sean comprimidos y su volumen final se haya reducido hasta el 50%, con relación a su volumen inicial.
- d. Medir las fuerzas aplicadas, en forma acumulativa, y los volúmenes reducidos correspondientes para cada muestra.
- e. Tomar muestras de granos de humedades conocidas, diferentes a los ya medidos, y repetir los pasos, desde «a» hasta «d» hasta completar el rango de humedad del 2.9 al 17.3%.
- f. Identificar la correlación entre el contenido de humedad, las fuerzas aplicadas acumulativas y las reducciones de volúmenes obtenidos para la muestra.
- g. Repetir el procedimiento hasta encontrar la correlación entre las fuerzas aplicadas acumulativas o las presiones equivalentes, los volúmenes reducidos acumulativos obtenidos versus las humedades en el rango de humedades entre 2.9% y 17.3%.
- h. Elaborar, con la información obtenida en la etapa g) un modelo matemático que permita calcular el contenido de humedad en relación con a las fuerzas acumulativas aplicadas, y los volúmenes reducidos logrados, también en forma acumulativa.
- i. Tomar una muestra de granos con humedad desconocida.

j. Realizar los pasos desde «b» hasta «d» con la muestra de granos de humedad desconocida.

k. Determinar el contenido de humedad de la muestra de granos con base en la correlación matemática obtenida en el punto h.