

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 681 213**

51 Int. Cl.:

**G01N 23/04** (2008.01)

**G01N 33/46** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **09.12.2010 PCT/PT2010/000058**

87 Fecha y número de publicación internacional: **30.06.2011 WO11078714**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **09.12.2010 E 10805750 (6)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **25.04.2018 EP 2518478**

54 Título: **Procedimiento no destructivo y no invasivo para la inspección de materiales vegetales que implica la utilización de radiación electromagnética**

30 Prioridad:

**21.12.2009 PT 10490209**

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

**12.09.2018**

73 Titular/es:

**CORK SUPPLY PORTUGAL, S.A. (100.0%)  
Rua Nova do Fial, No 102 Apartado 19  
4536-907 S. Paio de Oleiros, PT**

72 Inventor/es:

**SILVA FERREIRA, ANTÓNIO CÉSAR;  
COUTO OLIVEIRA, FRANCISCO MANUEL y  
DE AVELAR LOPES CARDOSO MESQUITA, ANA  
CRISTINA**

74 Agente/Representante:

**DURAN-CORRETJER, S.L.P**

ES 2 681 213 T3

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

**DESCRIPCIÓN**

Procedimiento no destructivo y no invasivo para la inspección de materiales vegetales que implica la utilización de radiación electromagnética

5

**Alcance de la invención**

La presente invención se refiere a un procedimiento no destructivo y no invasivo para la inspección de materiales vegetales basado en la utilización de radiación electromagnética, que comprende las etapas de inspección y de clasificación de material vegetal, preferentemente tapones de corcho. Dicha clasificación se lleva a cabo en diferentes categorías de una misma propiedad tal como la permeabilidad al gas, la presencia de defectos o densidades diferentes. Estos parámetros son obtenidos mediante el procesamiento de una señal adquirida mediante una técnica no invasiva y no destructiva tal como rayos X, que origina un modelo matemático aplicado a la categorización pretendida. El modelo matemático se calibra mediante el procesamiento de la adecuación de los datos a inspeccionar con muestras conocidas.

10

15

Dicho modelo matemático está constituido por un grupo de muestras previamente seleccionadas, basado en las siguientes variables: una matriz que contiene el valor del parámetro a calibrar obtenido por medio de procedimientos clásicos o normalizados, y otra matriz que contiene la señal obtenida a partir de la imagen de rayos X.

20

El modelo matemático es utilizado posteriormente en dicha categorización por medio de la señal adquirida por el sensor en el proceso productivo de inspección de nuevas muestras, siendo a continuación calculado el valor esperado para el parámetro previsto.

25

La categorización puede ser llevada a cabo de acuerdo con perspectivas tales como:

(i) Rechazo de grupos que pueden no cumplir con el parámetro previsto mediante inspección y procesamiento de acuerdo con el modelo adoptado

30

(ii) Aceptación de un grupo correspondiente a los criterios establecidos en el modelo adoptado

(iii) Categorización en grupos de la propiedad o propiedades estimadas.

35

**Estado de la técnica anterior**

El procesamiento del corcho y de los tapones está sometido a una selección visual, continua y cuidadosa, de la calidad. No obstante, este procesamiento está basado esencialmente en el reconocimiento de la superficie mediante inspección visual o medios fotográficos, siendo de este modo posible aclarar la presencia de posibles defectos estructurales internos. Este hecho hace que sea imposible eliminar totalmente los tapones que no cumplen con sus funciones de cierre (para líquidos y gases).

40

Por otra parte, aunque se han desarrollado procesos preventivos y curativos por parte de la industria del corcho para minimizar la transferencia de compuestos con un impacto en el sabor, concretamente residuos de cloroanisoles, no ha habido ninguna acción técnica o científica hacia la mejora o la clasificación del rendimiento con respecto al comportamiento de la transferencia de gases, por ejemplo, oxígeno.

45

La literatura científica se refiere frecuentemente a diferencias entre tapones de corcho y a su comparación con sistemas alternativos (Crochiere, 2007; Kwiatkowski. 2007; Tran, 2007; Waters, 2007), pero no se ha prestado atención a prácticas opcionales de segregación o de manipulación referentes al comportamiento de la transferencia de gas, en particular en el caso de los tapones de corcho.

50

La Patente U.S.A. 6597761 da a conocer un procedimiento para la clasificación y/o la optimización de una estrategia de aserrado de troncos basada en una reducción de la distribución de la densidad tridimensional de un tronco a una estructura bidimensional que proporciona una imagen adecuada o una visualización de defectos tales como nudos o espacios huecos en un tronco. Dicho procedimiento está basado en datos de la densidad de los troncos utilizando tomografía computarizada.

55

El documento científico "Estimación de la calidad del corcho mediante la utilización de tomografía Compton" de Brunetti y otros, da a conocer un procedimiento de control de la calidad de tapones de corcho, concretamente una técnica basada en tomografía Compton por rayos X, que permite reconstruir y visualizar una sección transversal de un tapón de corcho y, de este modo, poner en evidencia la presencia de imperfecciones internas.

60

De los resultados disponibles de las investigaciones más recientes aplicadas al cierre de botellas de vino destacan esencialmente los aspectos siguientes:

65

1º Desarrollo de procedimientos para la medición de la permeabilidad del oxígeno

2º Estudio comparativo de diferentes sistemas para el cierre de botellas de vino

5 3º Sistemas de cierre que contribuyen a la gestión del oxígeno en la bodega, concretamente como una herramienta de predicción de la vida útil del vino en el mercado.

Sin embargo, los solicitantes no tienen conocimiento de ninguna aplicación práctica de las investigaciones realizadas con respecto a la mejora del rendimiento de los tapones de corcho.

10 Por otra parte, a nivel de procedimientos desarrollados para medir la permeabilidad, no se tiene conocimiento de ninguna aplicación no destructiva y no invasiva que, en primer lugar, pueda demostrar que resulte ser una herramienta para la segregación de tapones basada en su permeabilidad, antes de ser utilizados realmente.

15 En lo que respecta a la interpretación de los fenómenos de difusión del gas y de permeabilidad considerando las características del corcho, la aplicación de los principios de la dinámica de fluidos convencional, en la que no es posible que parámetros tales como la densidad, la presión, la temperatura y el flujo de partículas estén correctamente definidos en un punto determinado.

20 Considerando su estructura porosa, el régimen de transporte de oxígeno está condicionado fundamentalmente por la trayectoria libre promedia de los medios, siendo aconsejable la utilización de estadísticas mecánicas.

Está dentro de este alcance que la novedad y la oportunidad de la presente invención se ajuste a:

25 1. Constituir una base de datos que pueda permitir la clasificación del tapón de corcho en función de sus características estructurales y funcionales;

2. Permitir la identificación de los tapones que no proporcionen un cierre efectivo, concretamente, la aparición de defectos estructurales;

30 3. Permitir la clasificación de tapones con una diferente permeabilidad al oxígeno;

4. Desarrollar una metodología de clasificación que permita su separación con el objeto de situar en el mercado lotes con una predictibilidad funcional.

### 35 **Descripción de la invención**

Un objetivo de la presente invención es un procedimiento no destructivo y no invasivo para inspeccionar, por lo menos, un material vegetal en base a la utilización de radiación electromagnética para la separación selectiva y automática de dicho material vegetal, basado en un parámetro específico de dicho material vegetal descrito mediante un modelo matemático aplicable, y que comprende las etapas de:

40 a) adquisición mediante rayos X de una señal correspondiente a una imagen radiográfica de rayos X de dicho material vegetal;

45 b) detección de dicho material vegetal en dicha imagen radiográfica por medio de un algoritmo automático;

y además comprende las etapas de:

50 c) detección de un vector de crecimiento que representa una configuración natural de crecimiento de dicho material vegetal;

d) aplicar una transformación de Fourier a dicho vector de crecimiento para obtener un valor del vector de crecimiento;

55 e) determinación de un parámetro específico consistente en la permeabilidad al oxígeno de dicho material vegetal por medio de un modelo matemático, consistiendo dicho modelo matemático en una correlación entre los valores del vector de crecimiento y las permeabilidades del oxígeno obtenidas a partir de muestras durante una fase de calibración, y

categorización de dicho material vegetal según la permeabilidad al oxígeno determinada en la etapa e).

60 Es asimismo un objetivo de la presente invención un equipo para la inspección no destructiva y no invasiva de, por lo menos, un material vegetal configurado para llevar a cabo el procedimiento antes descrito, que comprende:

- Un tubo -400- de transmisión de los rayos X y un detector digital -100- de los rayos X;

65 - medios para la digitalización de la señal en el detector digital -100- de rayos X y una cinta transportadora para transportar tapones de corcho entre dicho tubo -400- de transmisión de los rayos X y el detector digital -100- de rayos X;

- unidad de control -600- de entrada/salida configurada para recibir la transmisión -900- de la imagen;
- unidad de procesamiento -700- configurada para procesar dicha imagen y clasificar los tapones de corcho poniendo en práctica de este modo las etapas d) a g) de dicho procedimiento, y un selector -1100- configurado para conducir los tapones de corcho a diferentes depósitos;
- un autómatas programable -1000- configurado para accionar dicha cinta transportadora -300- y dicho selector -1100-.

Sector del tapón de corcho y función del mismo

El corcho utilizable industrialmente es un material de origen vegetal constituido por células formadas por un felógeno traumático que recubre el tronco de la encina corchera (especie *Quercus suber*). Después de su formación dichas células tienen paredes/membranas y citoplasma, pero, después de la muerte de las células, los residuos de citoplasma son depositados en la cara interior de la pared de la célula y son reabsorbidos o incorporados en la pared secundaria (Amaral Fortes, 2004).

Teniendo en cuenta el elevado número de variables y de parámetros en juego (factores que son inherentes al clima, a la formación intra- e inter- anual de formación de las células y que están relacionados asimismo con la genética del árbol), característicos de un producto natural heterogéneo, resulta imposible la predictibilidad del comportamiento y del rendimiento del tapón de corcho, sin recurrir a herramientas que puedan capturar de forma holística (por consiguiente, integrada) la máxima heterogeneidad / complejidad, de una manera no destructiva para su posterior clasificación.

La acción de normalización de la materia prima no constituye, por consiguiente una opción para el sector. Sin embargo, la creciente demanda de los usuarios / consumidores de tapones de corcho que exigen un producto fiable y previsible, conduce a una consideración muy seria sobre el desarrollo de técnicas que puedan permitir la separación de los individuos producidos (tapones de corcho) según su comportamiento esperado en relación con parámetros tales como la permeabilidad al gas, la presencia de defectos (concretamente los que no pueden ser vistos en la superficie) o la densidad.

Solamente de este modo será posible hacer frente a la competencia con los cierres sintéticos alternativos cuya naturaleza tecnológica es considerablemente más fácil de controlar.

Sector del corcho

Tradicionalmente, el corcho ha venido siendo utilizado en forma de tapón para el cierre de botellas de bebidas, siendo su aplicación más importante su utilización para conservación de vinos. Un tapón de corcho natural tiene unas propiedades físicas exclusivas como son su resiliencia, su hidrofobia y su hermeticidad tanto a gases como a líquidos, con las que hasta la fecha ningún otro producto natural o artificial ha sido capaz de competir. Además de un cierre efectivo, estas propiedades aseguran una maduración adecuada o el envejecimiento del vino y, por ello, es utilizado frecuentemente en vinos de alta calidad que son almacenados durante largos periodos de tiempo (Fischer, 1997; Insa, 2006).

No obstante, esta aplicación está siendo amenazada debido a algunas opciones fiables que han aparecido como una alternativa a este sistema de cierre de botellas de vino. Dichos sistemas alternativos han tomado posiciones con respecto al tapón de corcho en lo que se refiere a garantizar la regularidad sensorial y funcional, concretamente, en lo que se refiere a la transferencia de compuestos que pueden alterar las características organolépticas del anterior, así como la regularidad y la predictibilidad con respecto a las transferencias de gas entre el exterior de la botella y el producto contenido en la misma.

De este modo, se puede considerar que la aparente falta de regularidad del producto de corcho está relacionada con considerables pérdidas en la industria vinícola. Por otra parte, la inexistencia de una respuesta técnica adecuada ha permitido que estos mismos sistemas alternativos de cierre ganen una parte de mercado en detrimento del tapón de corcho a pesar de sus innumerables ventajas técnicas, ecológicas y sociales.

La funcionalidad esperada de los tapones de las botellas de vino es principalmente su capacidad de cierre, su inocuidad y su neutralidad sensorial.

En el caso de la fabricación de tapones de corcho, la base es un producto de origen vegetal, las características del cual están relacionadas con una cadena de factores de naturaleza biológica, genética y climática. La transformación industrial busca, a su vez, obtener un producto de calidad constante, mediante la adopción de prácticas productivas capaces de superar la variabilidad antes mencionada y permitir el suministro de un producto con características predecibles en lo que se refiere a la capacidad de conservación de la calidad del vino embotellado. Por consiguiente, se debe tener en cuenta que mientras se está tratando con un producto natural, el campo de los aspectos técnicos

alcanza sus límites cuando debe ser aceptada la heterogeneidad del material correcto, sin perjuicio de la funcionalidad general deseada debido a que no existen recursos tecnológicos más potentes.

La introducción de la tecnología descrita en esta invención, basada en la información contenida en el corcho y actualmente inaccesible, permite la gestión productiva de los tapones de corcho basada en parámetros objetivos. La información adquirida permite lo siguiente:

- predecir el comportamiento funcional del tapón de corcho en una botella dentro de unos parámetros tales como permeabilidad, presencia de defectos y densidad,
- disminuir la heterogeneidad de un lote determinado, mediante la separación de elementos de características distintas dentro de los parámetros mencionados,
- mejorar las garantías funcionales frente a los compradores
- añadir un valor comercial al producto.

Importancia de la funcionalidad del cierre de corcho

Una de las funciones que todavía deben ser controladas en los cierres de corcho es su permeabilidad al gas, concretamente al oxígeno, y especialmente en la perspectiva de su utilización en botellas de cristal.

El oxígeno juega un papel principal en la vida útil del producto (vino). Por ello, su control en el envasado determina la longevidad del producto en el mercado que, en el caso del sector del vino, es un factor crítico. De hecho, la "degradación oxidativa" de los vinos tiene rápidamente como resultado una fuerte pérdida de las cualidades sensoriales del vino. Desde el punto de vista del aroma, este fenómeno significa una pérdida de sabores que son una característica de los nuevos vinos tales como "floral" y "afrutado" y, en paralelo, la aparición de notas aromáticas adecuadas en vinos más viejos y/o de sabores atípicos asociados al deterioro del producto. Desde el punto de vista cromático existe el desarrollo de un color pardusco denominado "pardo no enzimático". No obstante, diferentes trabajos destacan que el deterioro aromático precede al cromático (WIDENRADT y SINGLETON 1974; y FERREIRA y otros, 1997).

La duración o vida útil del producto embotellado está condicionada por la combinación de la resistencia del vino a la oxidación (relacionada con la composición del vino en determinadas sustancias, en particular los componentes fenólicos y con el pH, bajo los que ha sido almacenado [(WIDENRADT y SINGLETON (1974), SINGLETON y KRAMLING (1976), y SINGLETON (1987)] y la cantidad óptima de oxígeno que entra a través del cierre.

Sin embargo, el sector del corcho no ha sido capaz hasta ahora de hacer frente a esta necesidad que ha originado el crecimiento de opciones tecnológicas alternativas (sintéticas) en el mercado para cerrar botellas de vino.

La presente invención intenta contribuir a la clasificación de los tapones de corcho, por ejemplo, según su permeabilidad al oxígeno, a la presencia de defectos y/o a la densidad. Por otra parte, puede contribuir asimismo a una mejora significativa de los procedimientos de control de calidad utilizados en el sector de los tapones de corcho.

### Inspección industrial

Las aplicaciones de diferentes zonas electromagnéticas, partiendo de lo que es visible, se han ido desarrollando desde el siglo XIX para los fines técnicos y científicos más diversos. Estas técnicas son muy útiles debido a que permiten "leer" algunos objetos con detalles que son visualmente imperceptibles, utilizando técnicas no destructivas y no invasivas en el material bajo análisis.

El principio de estas aplicaciones se basa en el hecho de que la energía electromagnética que tiene una naturaleza ondulatoria, sufre interferencia, polarización, refracción, difracción, reflexión entre otros efectos, cuando pasa a través de un objeto.

En la actualidad existen diversas aplicaciones de procedimientos no destructivos y no invasivos basados en la utilización de la radiación electromagnética, que inciden fuertemente en el campo médico, y con diversos fines científicos y de investigación se han desarrollado asimismo algunas aplicaciones industriales. La posibilidad de obtener información a través de medios no invasivos y no destructivos es una preocupación actual que refleja el potente desarrollo de la tecnología analítica de procesos (PAT) en muchos campos diferentes que requieren elevados niveles de seguridad, garantía y control como, por ejemplo, en la industria farmacéutica.

Aunque están disponibles muchas opciones analíticas (como, por ejemplo, MNR, ultrasonidos, etc.) las limitaciones de su aplicación a nivel funcional, es decir, en la interfaz muestra - detector, y a nivel económico, es decir, costes de inversión y operativos, el resultado es que las aplicaciones industriales buscan especialmente apoyo en la utilización de procedimientos de detección menos costosos tales como infrarrojos o espectroscopia mediante rayos X.

La presente patente se basa principalmente en la utilización de esta última radiación debido a que presenta la aplicabilidad pretendida, como demuestra su utilización en densitometría, además del perfecto dominio y el maduro conocimiento de la tecnología.

5 La estrategia descrita en la obtención y el procesamiento de la señal puede, sin embargo, ser utilizada con otras técnicas para la adquisición de la señal.

10 Los rayos X son emisiones electromagnéticas, la longitud de onda de las cuales varía entre  $5e-3$  a  $1$  nm y la energía de los fotones está comprendida dentro de una gama de decenas o centenares de keV. Esta energía electromagnética es generada por medio de la transición de electrones en los átomos o por la deceleración de partículas cargadas.

15 Al igual que toda la energía electromagnética de naturaleza ondulatoria, los rayos X están sometidos a interferencias, polarización, refracción, difracción, reflexión. La interferencia se utiliza en medicina para obtener imágenes cuya información cuando está situada en el contexto de un plano anatómico, permite la detección de anomalías. Este principio de detección de configuraciones en la estructura interna de un tejido no está limitado al área clínica y se utiliza, en general, en diferentes objetos de origen biológico u otro. De hecho, la densidad del material puede ser determinada por la relación entre la radiación que es emitida y la radiación que es absorbida, un ejemplo de lo cual es la densitometría ósea en la atención médica.

20 Los aspectos más importantes de este análisis son sus características no destructivas y no invasivas, lo que permite un estudio estructural de alta resolución que puede alcanzar un nivel molecular, por ejemplo, la estructura de las proteínas mediante difracción molecular por rayos X.

25 La complejidad inherente de los sistemas biológicos se traduce en una completa heterogeneidad en el fenotipo, es decir, la forma y función de los diferentes tejidos, tal como es el caso del tejido vegetal del corcho. De este modo, su utilización para fines industriales que normalmente implica una clasificación de alta resolución a nivel de especificaciones de propiedades físicas y químicas, resulta muy difícil y es susceptible de error. De este modo, la obtención de esta información de un modo no destructivo y no invasivo es una condición indispensable para la clasificación rigurosa del objeto.

30 La radiación de rayos X para las características antes mencionadas justifica su selección como la metodología para analizar e inspeccionar material biológico. De hecho, las imágenes adquiridas por medio de este proceso contienen suficiente información estructural para una correcta clasificación del material.

35 Las configuraciones visibles en la imagen bidimensional con los respectivos gradientes de gris traducen las diferencias en densidad del material de la planta. Las zonas más oscuras corresponden a menos resistencia y, a la inversa, las zonas más claras a más resistencia a la radiación.

40 Esta imagen es pues la proyección del objeto tridimensional en un espacio bidimensional que corresponde a la "huella" de la resistencia respectiva frente a la transferencia de radiación.

45 El desarrollo de un equipo adecuado permitiría un control "en línea", tapón tras tapón, similar al que se efectúa hoy en día en la clasificación por el aspecto visual mediante el procesamiento de imágenes, permitiendo de este modo una segmentación mediante sub-categorías de flujo de cada tapón natural.

#### Procesamiento matemático de la señal

50 La presente invención describe asimismo la adopción de procedimientos matemáticos de múltiples variantes para procesar una señal adquirida por medio de un examen espectrométrico no destructivo y no invasivo, para diseñar algoritmos que permitan lo siguiente:

- 55 1. Detectar objetos/tapones para su análisis;
2. Reconocer una configuración relacionada con una cierta característica a clasificar.
3. Clasificar dichos objetos según criterios establecidos.

60 Uno de los desafíos de la presente invención radica al nivel del procesamiento matemático que permite la descomposición de una señal para la extracción de las variables pertinentes para determinar algunas características del tapón de corcho que pueden tener un impacto en su comportamiento en la botella tal como, por ejemplo, permeabilidad, presencia de defectos y/o densidad, a partir de un conjunto de datos contenidos en una señal compleja obtenida por medio de un procedimiento no invasivo y no destructivo, tal como por ejemplo, análisis por rayos X.

Inspección industrial

5 Han sido desarrolladas algunas nuevas técnicas de medición que pueden ser aplicadas directamente en muestras en línea, en particular en situaciones que requieren configuraciones de alta seguridad, control y garantía de los productos a comercializar, como es el caso de los relacionados con la industria farmacéutica.

10 El desarrollo conjunto de nuevas técnicas matemáticas para el análisis de señales de frecuencia permite la utilización del electroscopio para el monitorizado simultáneo de una alta gama de materiales partiendo de únicamente un solo espectro.

La micro- y la macro- estructura determinan el comportamiento físico de cualquier material, concretamente las propiedades mecánicas, las anomalías estructurales o la transferencia/resistencia contra la transferencia de masas.

15 La densidad de un material es una proyección de la estructura del mismo.

Las técnicas que permiten el análisis de la estructura son, por lo tanto, una fuente indispensable de información para decidir y analizar la estructura de objetos.

20 El detector estructural preferente son los rayos X, con aplicaciones en el análisis de macro y micro estructuras, además del análisis visual que incluye, en la atención médica, la estructura ósea y de otros tejidos o, en ingeniería, la inspección de edificios y estructuras. En estas aplicaciones, la densidad de los materiales analizados es el factor observado que permite simultáneamente:

- 25 • la identificación de anomalías
- la caracterización estructural
- la interpretación de la microestructura

30 No se conocen soluciones industriales aplicables al sector del corcho con el propósito de clasificar y separar tapones según sus características visuales o estructurales, excepto en lo que se refiere a los procedimientos basados en la utilización de cámaras para fotografiar la superficie de los mismos, siendo las imágenes procesadas posteriormente a efectos de su separación.

35 Dichos sistemas industriales, habitualmente diseñados para la selección electrónica de tapones de corcho, son suministrados por diversos fabricantes con ligeras diferencias entre los productos disponibles, especialmente con respecto al número y a la colocación de las cámaras de inspección y del software desarrollado para facilitar la comunicación hombre-máquina.

40 En dichos equipos la separación de los tapones de un mismo lote se realiza según su aspecto exterior y su macro porosidad. Sin embargo, la inspección visual por operadores especializados no ha sido abandonada completamente. Además, estos equipos son solamente parcialmente efectivos en la eliminación de defectos estructurales que ponen en riesgo el comportamiento del tapón.

45 En la presente invención, se busca la industrialización preferencial de la técnica de análisis por rayos X como una forma de predicción, después del procesamiento de la señal,

1. la existencia de defectos estructurales que pongan en riesgo la función de cierre del corcho,
- 50 2. el comportamiento de la transferencia de masas y, en particular, la permeabilidad al oxígeno.

El hecho de que la imagen radiográfica tenga una buena correlación con la trayectoria libre promedio de la estructura explica, en parte, el establecimiento del régimen de transporte del oxígeno.

55 El recurso a los procedimientos no invasivos y no destructivos para la adquisición de la señal, tales como los basados en el comportamiento de la energía electromagnética, lleva a obtener una gran cantidad de datos de entrada. En general, esta base de datos es demasiado grande para un algoritmo de aplicación práctica y contiene una gran cantidad de información redundante que no contribuye al reconocimiento del producto o del proceso bajo análisis.

60 Para compensar dicha dificultad, se adopta una manipulación matemática de un modo tal que representa la información según características en un formato reducido/diseñado. Cuando se realiza la extracción de la información según características seleccionadas cuidadosamente, se obtienen los datos de importancia para realizar la tarea analítica prevista, utilizando las entradas estrictamente necesarias y no la totalidad de la matriz demasiado compleja de la información original.

65

En otras palabras, genéricamente, los procedimientos matemáticos existentes para procesar los espectros están basados en la factorización de los espectros en un nuevo sistema de bases (en general, un sub-espacio) de modo que se obtiene una representación con una mayor posibilidad de interpretación y se extraen las partes del espectro con información sistémica más relevante.

5 Esta clase de procedimientos matemáticos está descrita con gran detalle en la literatura especializada sobre el tema de la "quimiométrica". Las aplicaciones de estos procedimientos logradas con éxito para analizar información química y obtener modelos cuantitativos para calibrar elementos químicos basados en espectroscopia están científicamente bien respaldados (algunas citas).

10 Por consiguiente, la extracción de la característica constituye una metodología para la selección de vectores que, en la práctica, permite el análisis de un cierto problema con una precisión interesante. El recurso a las técnicas que permiten el planteamiento de configuraciones características seleccionadas a partir de la base de datos original, es esencial. Dichas técnicas permiten evitar información redundante y:

- 15
1. simplificar los datos a procesar;
  2. reducir las dimensiones a ser procesadas, adoptando variables latentes;
  - 20 3. sistematizar la información adquirida por medio de los espectros.

Esta invención describe la aplicación de técnicas de descomposición de la señal supervisadas o no, respectivamente y a modo de ejemplo, las de MCP (Mínimos Cuadrados Parciales) y ACP (Análisis de Componentes Principales) como técnicas multifase de análisis de la imagen grabada mediante una metodología no invasiva y no destructiva, por ejemplo, rayos X. De este modo, es posible reducir de manera significativa el número de atributos a analizar.

25 La señal estrictamente necesaria para la clasificación es extraída de la señal compleja obtenida a partir del análisis espectroscópico no invasivo y no destructivo: mediante la aplicación de DVS (Descomposición de Valores Singulares) es posible poner de manifiesto la señal pertinente, aunque sea pequeña, del sonido original.

30 La selección del procedimiento apropiado para el pre-procesamiento es crucial para el resultado final. Otra característica esencial para el desarrollo de la presente Patente se refiere a la necesidad de identificar configuraciones de comportamiento que pueden referirse a la variable a cuantificar.

35 Los datos procesados de este modo suministran información que permite:

- la detección automática de objetos
- el cálculo de zonas de interés de los objetos analizados para una clasificación posterior.

40 **Breve descripción de los dibujos**

La siguiente descripción de una realización preferente está basada en los dibujos adjuntos en los que, sin ninguna limitación prevista, está representado lo siguiente:

- 45
- en la figura 1, un diagrama de flujo que resume las etapas de la invención;
  - en la figura 2, un diagrama general de desarrollo del algoritmo;
  - 50 - en la figura 3, un diagrama de bloques que representa esquemáticamente el equipo para llevar a cabo el procedimiento que es el objeto de la invención;
  - en la figura 4, etapas en la detección de objetos: a - imagen original; b - reducción del sonido, sustracción del fondo y normalización; c - binarización basada en la entropía; d - detección del contorno; e - detección de círculos mediante la transformación de Hough; y f - posición de los objetos y zona de interés;
  - 55 - en la figura 5, una imagen de rayos X obtenida después de la digitalización de la señal adquirida en el detector;
  - en la figura 6, la curva de calibración del detector;
  - 60 - en la figura 7, un ejemplo de segmentación de la imagen para zonas altamente iluminadas, a - imagen original, b - binarización de la imagen para zonas muy brillantes;
  - en la figura 8, etapas para obtener el vector de crecimiento FFT, a - un vector de crecimiento, b - **valores del vector de crecimiento (niveles grises de la imagen)**, c - transformación de Fourier diferenciada (escala logarítmica);
  - 65

- en las figuras 8 y 9 está representados gráficos de la correlación entre la FFT y el valor de la permeabilidad al oxígeno de los tapones.

5 Lista de números de referencia de las figuras 2 y 3

Figura 2

- Procesamiento de la imagen -1-
- 10 Detector de objetos -2-
- Procesamiento de objetos -3-
- Previsión de parámetros -4-
- Clasificador -5-
- 15 Actualización del modelo de previsión -6-
- Cálculo de parámetros estadísticos -7-
- FFT y vector de crecimiento -8-
- Modelo de previsión -9-
- Formación de conjuntos de datos -10-
- 20 Imagen de rayos X -11-
- Posición del objeto -12-
- Rayos X / detector de parámetros de calibración -13-
- Clasificación del objeto -14-
- Objeto a ensayar -15-
- Orden de detención -16-
- 25 Procedimiento numérico de previsión -17-
- Procedimientos de supervisión de laboratorio -18-
- Detector de defectos -30-

Figura 3

- 30 Detector digital de rayos X -100-
- Tapones -200-
- Transporte sobre la cinta -300-
- 35 Tubo -400- de transmisión de rayos X
- Unidad de control de rayos X -500-
- Unidad -600- de control de entradas/salidas
- Unidad de procesamiento -700-
- Entradas/salidas de información ajena al sistema -800-
- 40 Transmisión de la imagen -900-
- Autómata programable -1000-
- Selector -1100-

**Descripción detallada de una realización**

45 La invención descrita en esta memoria combina herramientas de análisis de imagen con una exclusiva e innovadora solución para la clasificación de tapones de corcho según parámetros previamente seleccionados, tales como permeabilidad al gas, presencia de defectos, o densidad.

50 El procedimiento para monitorizar y apoyar la gestión de la fabricación de tapones de corcho ha sido desarrollada de acuerdo con las etapas representadas en el diagrama de flujo mostrado en las figuras 1 y 2 y detallado más adelante.

La industrialización del proceso implica necesariamente:

- 55 1. El algoritmo para la detección de objetos;
- 2. El algoritmo para la detección del vector de crecimiento en el que se lleva a cabo el tratamiento de la señal.

60 El procedimiento para la adquisición y validación de datos presupone la selección previa de muestras que representan la población prevista para el modo matemático a construir para la posterior separación automatizada: por ejemplo, tapones de un calibre determinado y tratamiento superficial.

Estas muestras son analizadas según dos perspectivas complementarias que generan dos conjuntos de datos (figura 1).

65 Conjunto de datos 1 - Análisis por medio de una técnica no invasiva y no destructiva, preferentemente rayos X, bajo

condiciones fijadas anticipadamente.

5 Después de la extracción de una imagen con la sensibilidad deseada, la señal es procesada matemáticamente. La proyección de la estructura en un plano (reducción dimensional) conduce a una pérdida de información. El procedimiento de supervisión aplicado al Modelo de previsión reduce esta pérdida de información.

La aplicación de la transformación de Fourier, en adelante denominada FFT, según el vector del corcho "años de crecimiento" y el diámetro máximo del objeto, permite la calibración posterior con los parámetros pertinentes.

10 Las figuras 9 y 10 representan los gráficos de correlación entre la FFT y el valor de la permeabilidad de los tapones al oxígeno.

Conjunto de datos 2 - Adquisición del parámetro pertinente, por ejemplo, permeabilidad al gas, presencia de defectos o densidad.

15 Tal como se puede observar en la figura 2, los componentes de la interfaz son los siguientes.

ENTRADAS:

- 20 - Imagen de rayos X -11-  
- Posición del objeto -12-

ENTRADAS MANUALES:

- 25 - Objeto a ensayar -15-. (Objeto a ser sometido a la medición de la permeabilidad mediante un procedimiento de supervisión de laboratorio).  
- Procedimiento numérico de previsión -17-  
- Parámetro medido por medio de un procedimiento de supervisión normalizado -18- de laboratorio.  
- Orden de detención -16-

30 SALIDAS:

- Rayos X / Parámetros de calibración del detector -13-  
- Clasificación del objeto -14-

35 ESTRUCTURAS DE DATOS:

Cálculo de parámetros estadísticos -7-

40 Tipo de defectos, valores promedio, media, modo, desviación estándar, etc.

FFT y vector de crecimiento -8-

45 Transformación de Fourier separada (resultado aproximado) de la imagen original y del vector de crecimiento. El resultado de la transformación de Fourier tiene la misma dimensión y los mismos cardinales que el original y los valores complejos. Como los valores de la imagen son números reales, el resultado presenta valores simétricos. De este modo la mitad de los valores de la matriz o del vector pueden ser tomados en cuenta.

50 Dado que los procesos de fabricación del tapón de corcho no pueden garantizar la alineación de los fenómenos en estudio, por ejemplo, aunque similares, las configuraciones de dos objetos pueden ser desplazadas, la información de fase de la señal compleja puede ser considerada como despreciable.

Para eliminar la información de fase y considerando cada valor de la matriz o del vector en la forma:

55 
$$a + bi$$

la amplitud será:

60 
$$A = \sqrt{a^2 + b^2}$$

Modelo de previsión -9-

65 Modelo numérico de previsión (9) obtenido mediante un procedimiento de supervisión de laboratorio. Este modelo estará representado por una función que, considerando un vector de crecimiento determinado, atribuirá un valor de permeabilidad.

Formación del conjunto de datos -10-

5 Grabación histórica de vectores de crecimiento (obtenida mediante el procedimiento industrial) y atributos de clase (obtenida mediante el Procedimiento de Supervisión de Laboratorio).

## PROCESOS

10 Procesamiento de imagen -1-

La función de este bloque es la mejora de la calidad de la imagen adquirida a partir del Detector digital de rayos X -100-, corrección de errores sistemáticos, reducción del ruido, mejora de contraste y normalización.

15 Detector de objetos -2-

Algoritmo automático para detectar objetos en la imagen radiográfica. Las posiciones -12- de los objetos pueden ser predeterminadas asimismo mediante información externa. En este caso, no se ejecuta el mecanismo de autodetección.

20 El algoritmo de detección de objetos en la imagen/transferencia de datos del detector radiográfico sigue las etapas mostradas en las figuras 4a - f y presenta una estructura interna de datos que graba las coordenadas globales de cada objeto, asegurando que cada objeto es único. La posición de cada objeto se obtiene mediante máximos locales dentro del espacio acumulativo generado por la transformación de Hough.

25 Procesamiento de objetos -3-

Obtención de la información pertinente para el procesamiento de cada objeto, tal como parámetros estadísticos y cálculo de la FFT.

30 Detector de defectos -30-

Algoritmo para detectar anomalías estructurales en el interior del objeto.

35 Previsión de parámetro (4) (por ejemplo, permeabilidad)

Parámetro del objeto (tal como permeabilidad al gas), algoritmo numérico de previsión con supervisión tal como PLS, según el Modelo de previsión.

40 Clasificador -5-

La clasificación final de cada objeto se obtiene mediante la ponderación de los parámetros estadísticos y mediante la cuantificación esperada del parámetro a determinar (por medio de la permeabilidad o por la presencia de defectos o la densidad que se espera).

45 Actualización del modelo de previsión -6-

Procedimiento de laboratorio para desarrollar y formar un modelo numérico de previsión del parámetro a determinar (por ejemplo, permeabilidad, presencia de defectos o densidad) con Técnicas de extracción de datos.

50 EQUIPO

Tal como se destaca en el diagrama de bloques de la figura 3, el equipo necesario para llevar a cabo el procedimiento que es el objetivo de la invención comprende esencialmente un tubo -400- de transmisión de rayos X y un detector digital de rayos X -100-. Los tapones -200- transportados sobre la cinta -300- pasan entre estos dos módulos, y su imagen es adquirida después de la digitalización de la señal en el detector digital -100- de rayos X. La transmisión de la imagen -900- es enviada a la unidad de control de entradas/salidas -600-. Posteriormente, la imagen es procesada y los tapones son clasificados en la unidad de procesamiento -700- y conducidos a diferentes depósitos por medio del selector -1100-. Cualquier información de entrada/salida extraña al sistema -800- está representada en el diagrama mediante una flecha. La cinta transportadora -300- y el selector -1100- son accionados por medio del autómatas programable -1000-.

## DESCRIPCIÓN DEL PROCEDIMIENTO

65 Se puede subdividir el sistema en dos bloques de procesamiento autónomos y coincidentes: el proceso de inspección y clasificación industrial y el proceso de laboratorio.

El proceso de clasificación corresponde a las etapas (1) a (5) (figura 2) y pretende tener un comportamiento en tiempo real. "Tiempo real" significa que es un proceso que cumple con las limitaciones de tiempo según los valores constantes de tiempo del proceso asociado. El "Proceso asociado" sería la producción industrial de tapones de corcho.

5 El proceso recibe una imagen de una transferencia de imágenes de video procedentes del detector digital de rayos X -100-. La unidad de control de rayos X -500- puede enviar cierta información de calibración -13- a partir de un procesamiento previo de imágenes -1-.

10 A continuación, la detección de nuevos objetos -2- y el cálculo de parámetros estadísticos -7- que son pertinentes para el estudio.

15 Por medio de una orden exterior, un objeto de ensayo -15- determinado puede ser llevado a un examen de laboratorio. Después del examen de laboratorio se realiza el procedimiento de supervisión -18- para obtener el atributo de clase de un objeto determinado, el conjunto de formación de datos -10- y el modelo de previsión -9- son actualizados por medio del proceso de actualización del modelo de previsión -6-.

20 Después de predecir el parámetro -4-, en este caso la permeabilidad, recurriendo a la estructura de datos y al modelo de previsión -9-, se obtiene la clasificación final del objeto -5- mediante la adición de la información de la estructura (tipos de defectos, densidad, parámetro estadístico, etc.). La clasificación final presentada del objeto -14- es transmitida al autómata programable -1000- para accionar el selector -1100-.

25 A continuación, si la orden de detención -16- no está activada, se envía una orden al autómata para accionar la cinta transportadora -300- y volver a iniciar el algoritmo para el proceso -1- de procesamiento de la imagen.

Procedimientos de supervisión de laboratorio -18-

30 Para medir el parámetro según el cual se pretende la categorización de los objetos, se utilizan procedimientos industriales estándar o de laboratorio.

En el caso de la permeabilidad del oxígeno, se pueden adoptar diferentes procedimientos, por ejemplo los siguientes:

- 35 Electroquímicos
- Colorimétricos
- Basados en la luminiscencia
- Con sensores de circonio o micro GC
- Basados en favorecer la reacción del oxígeno con otras moléculas

## 40 EJEMPLOS

### I - Detección de defectos

45 La figura 7 muestra un ejemplo de una imagen radiográfica de un tapón de corcho. La particularidad más visible es la configuración de crecimiento. No obstante, éste no es el fenómeno más interesante en esta fase sino más bien las anomalías que no presentan una configuración regular.

50 La identificación de los defectos en el objeto se obtiene por medio de la segmentación del histograma de la imagen en una zona muy brillante, en una zona de configuración regular y en una zona de bajo brillo. Los puntos de segmentación de la imagen se obtienen mediante criterios de entropía que permiten conseguir unos óptimos puntos de segmentación del histograma y minimizan el número de falsos positivos.

55 El reconocimiento de las diferentes zonas de brillo está relacionado directamente con la cuantificación potencial de un defecto, que es el resultado de significativas e intensas diferencias en la densidad.

### II - Determinación de la densidad másica a partir de la densidad óptica

60 Este ejemplo demuestra la posibilidad de determinar la densidad másica, un parámetro resultante de las características macro y micro estructurales, partiendo de la imagen obtenida por la exposición del tejido de la planta a un sistema de detección de rayos X.

Los parámetros críticos de optimización para obtener la señal analítica, el brillo medio de la imagen generada por los rayos X, son los siguientes:

65 Partiendo del análisis con rayos X

- Potencia (A)
- Tensión / corriente (V)
- Distancia al objeto (m)
- Tiempo de exposición (s)

5 Esta etapa fue esencial para confirmar la adecuación de la técnica al análisis previsto. La gran correlación entre densidad óptica y densidad de la muestra apoya la viabilidad de la técnica.

#### 10 1. Calibración del equipo

Parámetros de adquisición de señales: potencia, tensión, distancia y tiempo:

15 El siguiente equipo de rayos X (marca comercial Philips) equipado con un detector digital de 200 x 300 mm, fue utilizado para obtener la imagen. La curva de configuración se obtuvo utilizando lámina de aluminio de diferentes grosores. Dentro de un margen de grosores de 0,8 a 1,2 mm, este material presenta una densidad óptica similar a la del material vegetal de corcho.

20 En paralelo, utilizando los parámetros del primer ciclo de optimización, se adquieren imágenes de rayos X de tapones de diferentes clases.

Los parámetros iniciales fueron Potencia = 100 Ma; Tensión = 40kV; Distancia = 1 m y Tiempo = 0,1 segundos.

Parámetros de digitalización de la imagen

25 Las imágenes de los rayos X fueron obtenidas después de la digitalización de la señal de rayos X capturada en el detector. Los parámetros de importación de la digitalización eran GA = 0,9; GS = 0,5; s = 70, L = 2,0. La imagen correspondiente a cada configuración es importada a continuación utilizando el Software de imagen J (ver figura 5).

30 A continuación se determina la curva colocando la lámina de aluminio de un cierto grosor en la abscisa y el brillo medio calculado de la imagen en la ordenada, utilizando el área máxima de la misma.

El proceso se repite de forma interactiva hasta obtener una curva lineal con un coeficiente de correlación elevado  $r > 0,9$ .

35 En paralelo, se adquirieron algunas imágenes diferentes de rayos X a partir de diferentes muestras de tapones de distintas clases.

A continuación, se determina el brillo promedio del objeto (tapón) y se obtiene el equivalente en grosor de aluminio mediante interpolación.

#### 40 Compatibilidad entre imágenes - Normalización

45 Utilizando la lámina cuya resistencia a la transferencia de rayos X sea inmediatamente más baja que la del material bajo estudio, corcho, se ajusta el brillo de fondo de la imagen calculando el modo total de la imagen mediante su ajuste a un valor común a la totalidad de la imagen.

La normalización de la imagen se realiza mediante el ajuste del brillo de la imagen bajo estudio a un valor preestablecido.

#### 50 Eliminación de errores sistemáticos en la imagen

55 La suministración de la imagen radiográfica viene acompañada por algunas desviaciones causadas por factores que pueden ser considerados como sistemáticos: la variación de temperatura del bulbo, la falta de uniformidad espacial de la sensibilidad del sensor digital, etc.

Para eliminar las desviaciones mencionadas se escoge la imagen de la lámina de aluminio cuya resistencia a la transferencia de rayos X sea inmediatamente más baja que la del modo de la imagen en estudio y se restan las dos imágenes.

#### 60 Resta del aluminio

La corrección final de la imagen se efectúa mediante resta de las imágenes respectivas: la imagen de rayos X de los tapones (9 para 7 objetos) menos el fondo de aluminio de 0,8 mm.

65 Los tapones son colocados horizontalmente sobre una matriz referenciada previamente para su identificación posterior; una columna de 7 objetos por cada línea de 9 objetos.

La curva de calibración del detector fue determinada con cinco configuraciones preparadas de la manera siguiente: pP2mm, lámina de aluminio de 2 mm, pP4mm, una lámina de aluminio de 4 mm, pP6mm, una lámina de aluminio de 2 mm cubierta con una lámina de 4 mm, pP8mm, dos láminas de aluminio superpuestas; pP10mm, dos láminas de 4 mm y una lámina de 2 mm. De este modo se utilizaron 32 láminas de aluminio con un grosor de 20,8 mm y 1,6 láminas de 32,4 mm.

### III - Permeabilidad

Los siguientes ejemplos se refieren al desarrollo de la metodología para predecir la permeabilidad al oxígeno de los tapones.

- Como un procedimiento de supervisión de laboratorio -18- (figura 2) se utilizó la determinación de la permeabilidad del oxígeno tal como se representa en los gráficos de las figuras 9 y 10, para cada equipo, para cumplir con las normas ASTM.

Los resultados obtenidos se muestran al final de la descripción de este ejemplo

#### Vector de crecimiento y previsión de permeabilidad

La imagen radiográfica se obtiene tal como se ha descrito anteriormente. La configuración predominante en la imagen radiográfica del tapón de corcho es la configuración del crecimiento natural. Dicha configuración tiene asimismo la característica de variar esencialmente en una dirección. Por lo tanto, se puede representar esta configuración con un vector, que en esta memoria se designa por Vector de crecimiento.

De este modo, dicho vector puede ser una representación de las características mecánicas del tapón de corcho, en el que además del crecimiento regular del corcho, se muestran cualesquiera posibles anomalías durante dicho crecimiento.

Partiendo de la dirección de las líneas formadas por la configuración de crecimiento, se calcula la línea perpendicular que pasa a través del centro del círculo de las mismas. De este modo se obtiene el Vector de crecimiento (figura 8). La previsión de permeabilidad se obtiene en base a la FFT del Vector de crecimiento.

Los resultados obtenidos y presentados en los ejemplos y figuras siguientes muestran una elevada correlación entre la FFT (figuras 9 y 10) y el verdadero valor de la permeabilidad medido con el procedimiento de supervisión -18- descrito en el algoritmo (ver en el diagrama el resumen del algoritmo de la figura 2).

Las muestras de tapones de corcho natural fueron preparadas en este ejemplo y sometidas a:

- Análisis por rayos X seguido por el procesamiento de la imagen descrito en esta patente;
- Determinación de la permeabilidad por medio de procedimientos estándar.

#### Bibliografía

ASTM F 1307-02; "Procedimiento estándar para la velocidad de transmisión del oxígeno a través de envases secos utilizando un sensor colorimétrico", EDT 2006

Amaral Fortes, M; y otros; "A Cortiça"; IST Press 2ª Ed. 2004

Casey, J. "Presión en el encochado: sus causas y efectos"; The Austr. Grapegrower & Winemaker, 402a, 1997, 34 - 38 Crochiere, G. K.; "Medición de la entrada de oxígeno durante el embotellado y el almacenamiento". Practical Winery & Vineyard, En/Feb. 2007

Eleanor & Ray; "Malla para obtener el cierre. La búsqueda continua de la mejor forma de cerrar la botella"; wine.appellationamerica.com / wine-review, 18 de Enero, 2008.

Ferreira, A.C. y otros; "Identificación de odorantes clave relacionados con el olor típico de los vinos blancos estropeados por la oxidación", J. Agric. Food Chem. 2003, 51, 1377-1381

Ferreira, A.C. y otros; "Cinética de la degradación oxidativa de los vinos blancos, y cómo son afectados por parámetros tecnológicos seleccionados", J. Agric. Food Chem. 2002, 50, 5919-5924

Fischer C., "Análisis de las manchas del corcho en el vino y en el material de corcho a niveles olfativos por debajo del umbral mediante micro-extracción en fase sólida", "Journal of Agricultural and Food Chemistry, vol. 45, 1997.

- Hart and Kleining; "El papel del oxígeno en el envejecimiento del vino embotellado", The Australian & New Zealand Grapegrower & winemaker", 2005
- 5 Insa, S. y otros, "Ensayos sobre la determinación y eliminación simultáneas de cloroanisolos y clorofenoles de muestras de corcho contaminadas", Journal of Chromatography A, vol. 1122, pags. 215-221, 2006.
- 10 Kwiatkowski, M.J. y otros; "El impacto de los cierres, incluyendo las tapas a rosca con tres diferentes volúmenes en el espacio superior, en la composición, color y propiedades sensoriales de un vino Cabernet Sauvignon durante dos años de almacenamiento"; Australian Journal of Grape and Wine Research, 13, 2007
- Lopes, P. y otros, "Impacto de la posición de almacenamiento en la entrada de oxígeno a través de diferentes cierres en botellas de vino", "Journal of Agricultural and Food Chemistry, 2006, 54(18), 6741-6746
- 15 Lopes, P. y otros, "Procedimiento colorimétrico no destructivo para determinar la velocidad de difusión del oxígeno a través de los cierres utilizados en la fabricación de vino", "Journal of Agricultural and Food Chemistry, 2005, 53, 6967-6973
- 20 Philips, C.; "Investigación reciente: la ciencia de los cierres", del Wine Business Monthly, 09/15/2005; WBM, Septiembre 2005, www.winebusiness.com
- SINGLETON, (1987) .....
- SINGLETON & KRAMLING (1976) .....
- 25 Taber, G.; "Corcho o no corcho: tradición, romanticismo, ciencia, y la batalla por la botella de vino", Scribner, 2007
- Tran, T. y otros; "Utilización de la tecnología de membrana para optimizar el comportamiento del cierre" The Australian & New Zealand Grapegrower & Winemaker, Marzo 2007
- 30 Tudor, P.; "Es este el cierre para su vino, una mirada en profundidad a los pros y contras del desarrollo del vino bajo tapas a rosca" Wine Business Monthly, julio 2005
- Waters, L. y otros; "Vino e investigación sobre el oxígeno en la AWRI", Enero 2008, Sacramento
- 35 WIDENRADT & SINGLETON, (1974)  
Patente WO 2007/026233 A2; Procedimiento y sistema de análisis multivariable en datos de referencia en imágenes del tipo de rebanada de estructuras normalizadas para la mejora de la calidad en estudios de tomografía por emisión de positrones.

**REIVINDICACIONES**

1. Procedimiento no destructivo y no invasivo para inspeccionar, por lo menos, un material vegetal basado en la utilización de radiación electromagnética para la separación selectiva y automática de dicho material vegetal, basado en un parámetro específico de dicho material vegetal descrito mediante un modelo matemático aplicable y que comprende las etapas de:
- 5 a) adquisición a través de rayos X de una señal correspondiente a una imagen radiográfica de rayos X de dicho material vegetal;
- 10 b) detección de dicho material vegetal en dicha imagen radiográfica por medio de un algoritmo automático;
- caracterizado por que** comprende además las etapas de:
- 15 c) detección de un vector de crecimiento que representa una configuración del crecimiento natural de dicho material vegetal;
- d) aplicación de una transformación de Fourier a dicho vector de crecimiento, obteniendo un valor del vector de crecimiento;
- e) determinación de un parámetro específico consistente en la permeabilidad al oxígeno de dicho material vegetal, mediante un modelo matemático, consistiendo dicho modelo matemático en una correlación entre los valores del vector de crecimiento y las permeabilidades del oxígeno obtenidas a partir de muestras durante una fase de calibración, y
- 20 f) categorización de dicho material vegetal según la permeabilidad al oxígeno determinada en la etapa e).
2. Procedimiento, según la reivindicación 1, **caracterizado por que** el modelo matemático de la etapa f) está constituido por un grupo de muestras previamente seleccionadas de entre las variables siguientes:
- 25 - Una matriz que contiene los valores del parámetro específico, consistente en la permeabilidad al oxígeno;
- Una matriz que contiene una señal obtenida de una imagen de rayos X, que es utilizada posteriormente para la categorización según la señal adquirida por medio de sensores para la inspección de nuevas muestras en el proceso productivo, para el cálculo del valor previsto para el parámetro específico.
- 30 3. Procedimiento, según la reivindicación 1, **caracterizado por que** el material vegetal está compuesto de corcho.
4. Procedimiento, según la reivindicación 1, **caracterizado por que** el material vegetal está compuesto de tapones de corcho.
- 35 5. Procedimiento según las reivindicaciones anteriores, **caracterizado por que** la categorización del material de la etapa f) comprende además:
- 40 - el rechazo de los grupos que no cumplen con el parámetro específico mediante inspección y procesamiento según un modelo adoptado;
- la aceptación de un grupo correspondiente a criterios establecidos en un modelo adoptado; y
- la caracterización en grupos de una propiedad o propiedades estimadas.
- 45 6. Equipo para la inspección no destructiva y no invasiva de, por lo menos, un material vegetal configurado para llevar a cabo el procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado por que** comprende:
- 50 - un tubo (400) de transmisión de rayos X y un detector digital (100) de rayos X;
- medios para la digitalización de la señal en el detector digital (100) de rayos X y una cinta transportadora para transportar tapones de corcho entre dicho tubo (400) de transmisión de rayos X y el detector digital (100) de rayos X;
- unidad de control de entrada/salida (600) configurada para recibir la transmisión (900) de la imagen;
- unidad de procesamiento (700) configurada para procesar dicha imagen y clasificar los tapones de corcho de este modo poniendo en práctica las etapas d) a g) de dicho procedimiento, y un selector (1100) configurado para conducir los tapones de corcho a diferentes depósitos;
- 55 - un autómata programable (1000) configurado para accionar dicha cinta transportadora (300) y dicho selector (1100).
- 60

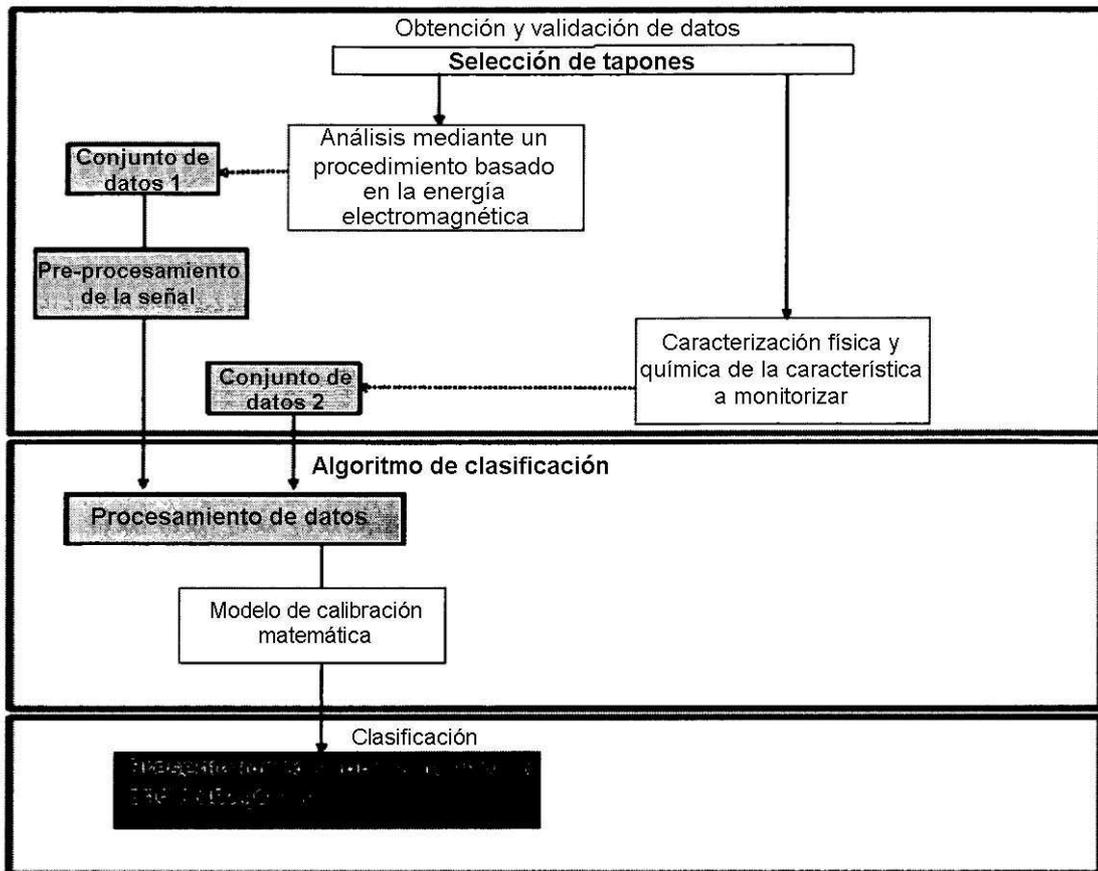


Figura 1

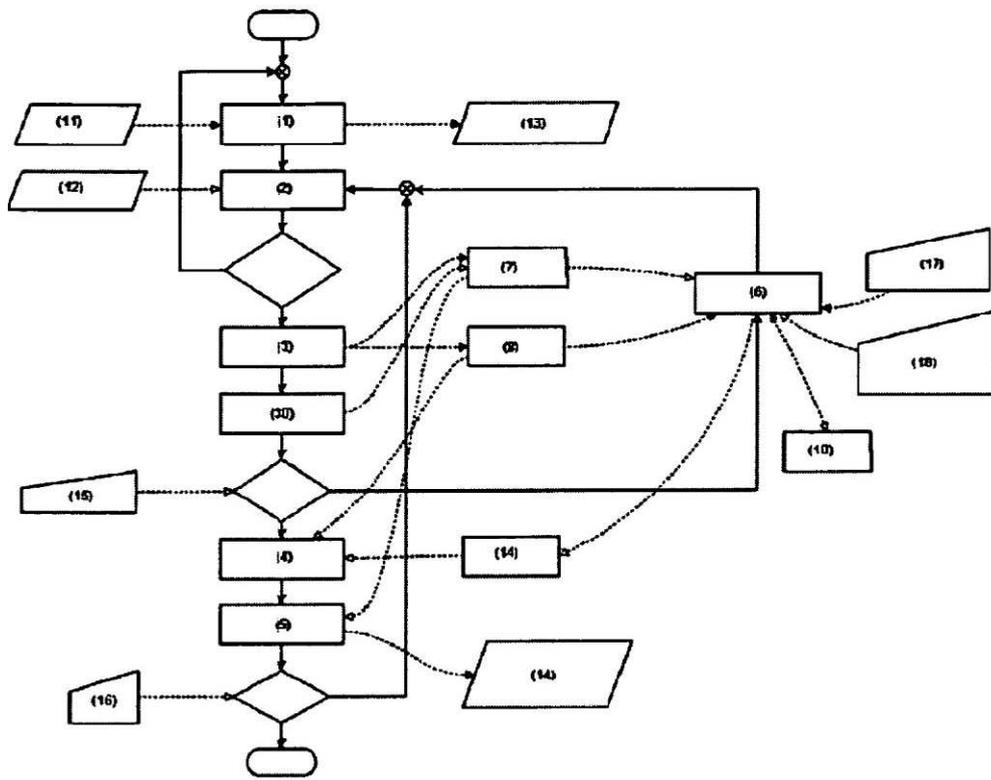


Figura 2

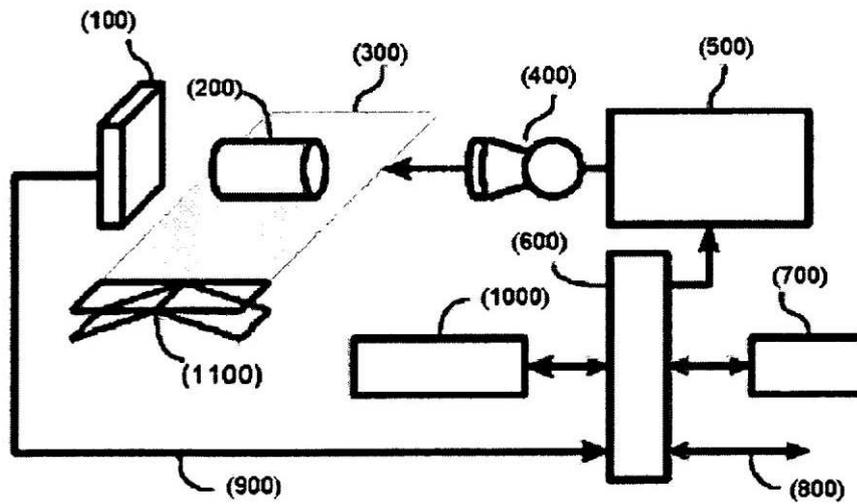


Figura 3

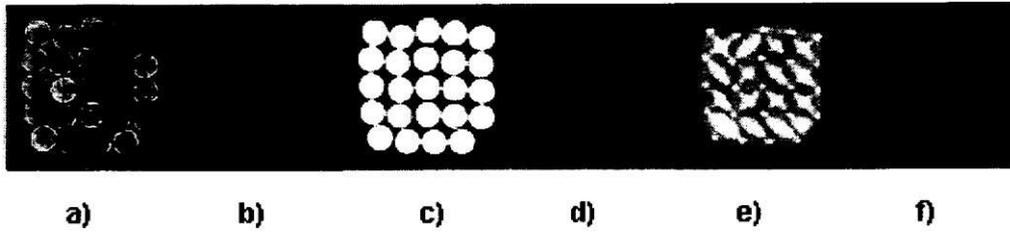


Figura 4

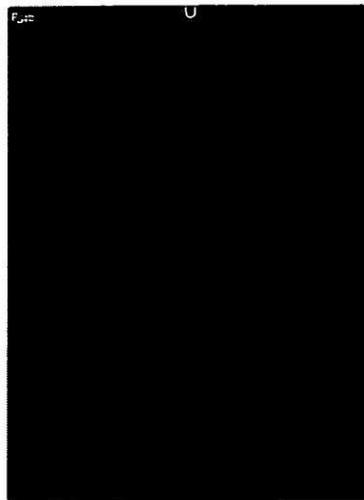


Figura 5

Tratamiento de datos: MD *contra* OD

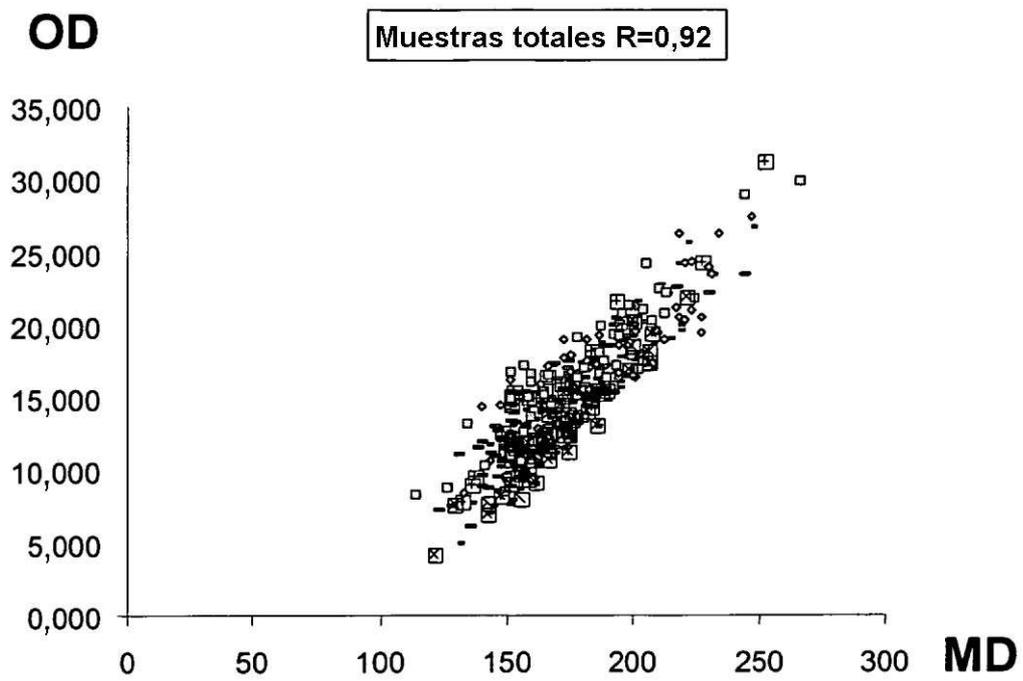




Figura 7

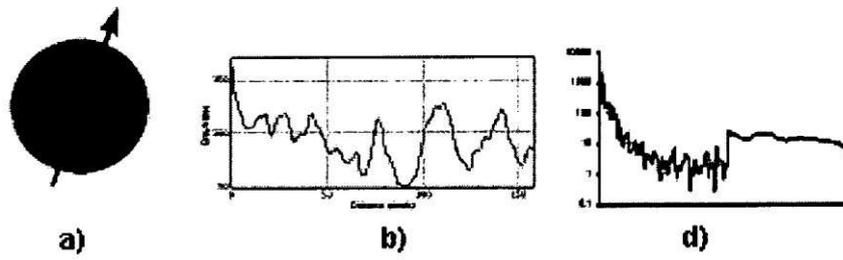
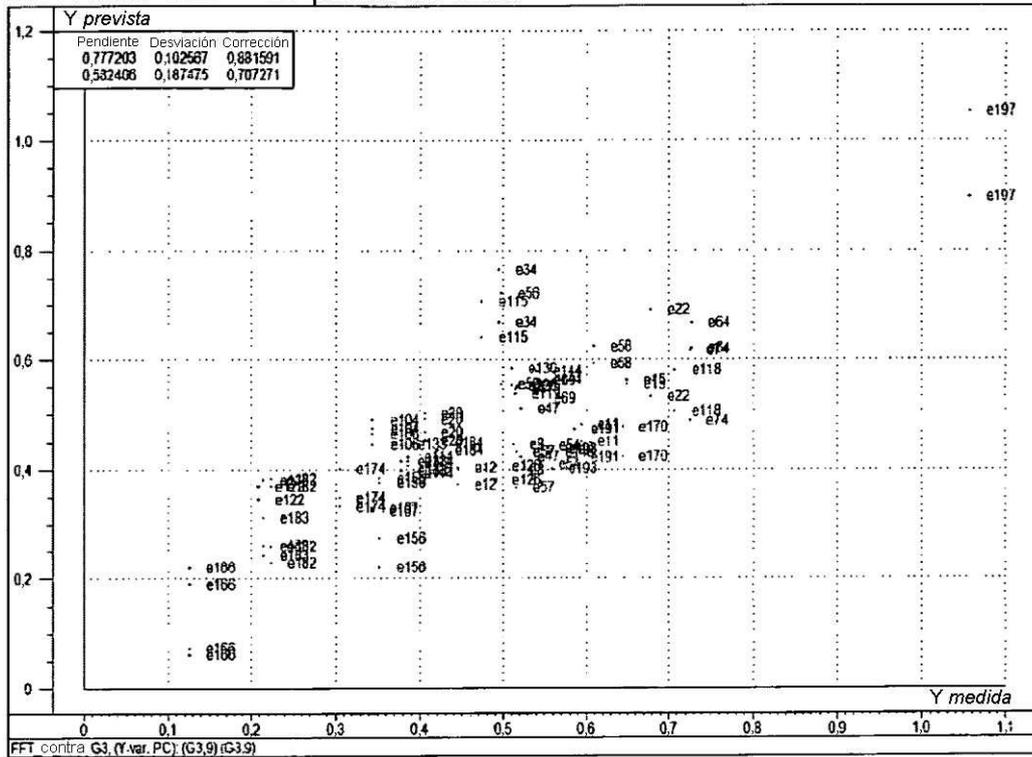


Figura 8

FFT contra OTR - 49 puntos de datos



FFT contra OTR - 29 puntos de datos

