



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



① Número de publicación: **2 288 359**

② Número de solicitud: 200501667

⑤ Int. Cl.:

G01N 23/00 (2006.01)

G01N 33/03 (2006.01)

G05B 15/00 (2006.01)

C11B 1/00 (2006.01)

⑫

SOLICITUD DE PATENTE

A1

⑫ Fecha de presentación: **08.07.2005**

⑬ Fecha de publicación de la solicitud: **01.01.2008**

⑭ Fecha de publicación del folleto de la solicitud:
01.01.2008

⑦ Solicitante/s:
**Consejo Superior de Investigaciones Científicas
Serrano, 117
28006 Madrid, ES
PROCISA y
Junta de Andalucía**

⑧ Inventor/es: **Alba Mendoza, José;
Martínez Román, Fernando;
Hidalgo Casado, Francisco;
Uceda Ojeda, Marino;
Jiménez Márquez, Antonio;
García-Ortiz Civantos, Concepción;
Hermida Ramo, Juan y
Theisen, Karl-Heinz Edmund**

⑩ Agente: **No consta**

⑮ Título: **Sistema de control coordinado para líneas de extracción continua de aceite de oliva virgen.**

⑯ Resumen:

Sistema de control coordinado para líneas de extracción continua de aceite de oliva virgen.

La presente invención está dirigida al proceso de elaboración de aceites de oliva virgen, sobre la base de un conocimiento más profundo de las materias que intervienen en el proceso de elaboración de aceites a partir de aceituna y para aceites obtenidos por centrifugación de los orujos; ello se consigue mediante el uso de nueva generación de sensores por transmisión a partir de campos electromagnéticos en la banda de microondas comprendida entre 1 y 10 Ghz.

Ubicados en los puntos de medida indicados en la presente invención, permiten una verdadera optimización del proceso y de la maquinaria empleada, tanto en sistemas de tres como de dos fases.

ES 2 288 359 A1

DESCRIPCIÓN

Sistema de control coordinado para líneas de extracción continua de aceite de oliva virgen.

5 Objeto de la invención

La presente invención está dirigida y focalizada al proceso de elaboración de aceites de oliva virgen, sobre la base de un conocimiento más profundo de las materias que intervienen en el proceso de elaboración de aceites a partir de aceituna y para aceites obtenidos por centrifugación de los orujos; ello se consigue mediante el uso de nueva generación de sensores por transmisión a partir de campos electromagnéticos en la banda de microondas comprendida entre 1 y 10 Ghz.

Ubicados en los puntos de medida indicados en la presente invención, permiten una verdadera optimización del proceso y de la maquinaria empleada, tanto en sistemas de tres como de dos fases. Gracias a la tecnología de microondas por transmisión en el medio utilizada por primera vez para conocer la fracción hidro-molecular en líneas de elaboración de aceites de oliva, se obtiene una completa caracterización de la materia prima, permitiendo la adaptación realmente automática de los parámetros a los cuales la maquinaria o proceso industrial es sensible, con independencia de la naturaleza cambiante de la aceituna.

20 Estado de la técnica

En los últimos años, las únicas experiencias de sistemas de medición en línea, en líneas de elaboración continua de aceite de oliva virgen, se han basado únicamente en analizadores del tipo *NIR*, (Infrarrojo cercano) por reflexión que ofrecen en un mismo instrumento, lecturas de contenido graso y humedad. Estos equipos, que solo ofrecen la medición de humedad y contenido graso en los orujos resultantes del proceso, precisan de un complejo sistema de extracción y preparación de la muestra y en las pocas instalaciones existentes, se han empleado exclusivamente para monitorizar el nivel de pérdidas de aceite en el proceso de elaboración.

Si se analiza el comportamiento de estos dispositivos y en base a estudios realizados desde el punto de vista de la determinación del contenido de aceite, se ha podido comprobar la gran dificultad en mantener calibraciones fiables en todas las variedades de aceituna, amén de los especiales cuidados de mantenimiento y limpieza, además sólo ofrecen una visión de la capa externa de la muestra y no del interior del flujo de masa en el proceso, por lo que no son recomendables para su empleo en sistemas de control.

Por otra parte si se analiza, desde el punto de vista de la determinación de la humedad, se ha podido comprobar que en determinadas variedades de aceituna, se hace casi imposible la determinación de la humedad con la necesaria precisión y repetibilidad, de hecho en muchas ocasiones se han obtenido medidas erráticas, por lo tanto y por la misma razón que en el caso anterior, no son recomendables para su empleo en sistemas de control. Estos analizadores presentan unos inconvenientes adicionales, derivados del punto de medida en el proceso, pues comúnmente se han venido empleando para el análisis en tiempo-real de los orujos a la salida del decantador centrífugo horizontal, en el cual hay que tener en cuenta que todo, o una parte del orujo es recogido por el sistema de extracción, en donde es “*comprimido*” provocando que la parte oleosa se pegue a las paredes exteriores, distorsionando la medida absoluta e introduciendo un retardo de tiempo que lo incapacita para su uso en sistemas de control en tiempo real. Estos sistemas de extracción de muestra en continuo de los orujos a la salida del decantador centrífugo horizontal, requieren de elementos auxiliares tales como extracción de muestras, sinfines, bombas, etc., con la consiguiente complicación, alto coste y posibilidades de fallo de la instalación (paradas del decantador centrífugo horizontal, fallos por falta de limpieza, olvidos, etc). A los inconvenientes anteriores, hay que añadir la auto evaporación que sufre la muestra húmeda que afecta a la determinación de la humedad, mientras es trasladada hacia el sensor, provocando una distorsión de la medida real y absoluta.

Por estas razones, la alternativa de medición en línea de sistemas basados en la tecnología NIR, queda descartada para el uso en un sistema o solución de control fiable. Prueba de ello es, que desde que se empezó a usar estos sistemas para el proceso de elaboración de aceites de oliva virgen, se han utilizado en muy pocas instalaciones y desde luego en ninguna de ellas están siendo una solución de control integral.

A todos estos inconvenientes hay que añadir algunos más, como son los elevados costes de adquisición y la obligatoriedad de un mantenimiento periódico de sus parámetros de calibración, lo cual implica la necesidad de tener que contar con un laboratorio de referencia. Estos procedimientos de calibración periódica, deben ser realizados con el debido rigor y presentan ciertas dificultades, debido al tiempo de respuesta real de los laboratorios, tras una toma previa de la muestra que nunca deja de ser puntual y por tanto poco representativa del estado o situación del proceso de elaboración.

Finalmente y para completar la visión del actual escenario, existen otras soluciones de mercado, que usan un solo equipo NIR para varias líneas de elaboración, empleando todo un conjunto de elementos de transporte del tipo sin-fin, aumentando con ello el tiempo de actualización de las mediciones de cada línea, que hacen teórica y prácticamente inservibles para un uso real en sistemas o soluciones de control fiables.

ES 2 288 359 A1

Sobre el empleo de sistemas para la determinación en-línea del contenido de aceite y humedad, mediante NIR, se resumen los inconvenientes más importantes detectados que a continuación se detallan:

- 5 Miden la superficie de la muestra, no del conjunto completo en el proceso.
- Son sensibles a las variedades de aceituna.
- Elevado costo de adquisición y de mantenimiento.
- 10 Requieren calibraciones periódicas con laboratorios de referencia.
- No pueden usarse en línea con el proceso.
- 15 Requieren sistemas de extracción y preparación de la muestra.
- Son equipos delicados, susceptibles de descalibración.
- Solo resuelven una parte del problema (solo miden, no controlan).
- 20 Hay que destacar las diferencias sustanciales entre la presente invención y la patente ES 2190330, pues la misma está sustentada en la determinación indirecta de la constante dieléctrica del agua libre, presente en las sustancias que intervienen en el proceso de elaboración, por medio de dispositivos basados en capacitores o condensadores, para que finalmente pueda usarse dicha magnitud (solamente) para añadir agua en el proceso, cuando sea necesario.
- 25 En primer lugar, la gran diferencia, es el empleo de nuevos sensores específicos que usan un campo electromagnético de microondas atravesando la corriente principal del producto a medir, midiendo de forma directa, no la constante dieléctrica del agua sino la “fracción total hidro-molecular”, lo cual equivale al conocimiento del agua total presente en la pasta de aceituna, orujos, y aceites. Es decir el agua libre, y el agua embebida en la estructura molecular de la fibra o parte sólida, que se denomina, “humedad nuclear”. Esto ayuda a tener un mayor y más profundo conocimiento
- 30 de las características físicas de las citadas sustancias, que en el caso del proceso de elaboración de aceites de oliva virgen, es de vital importancia, dada la naturaleza cambiante de la aceituna.
- En segundo lugar, y dado el mayor y más profundo conocimiento de los productos involucrados debido al empleo de los nuevos sensores, puede desarrollarse la otra parte importante de la presente invención, como es el control
- 35 completo y coordinado de toda la línea de extracción, desde la salida del molino, hasta la separadora centrífuga vertical.
- El escenario de actuación de la presente invención, se desarrolla en el ámbito de una línea de elaboración completa compuesta por varios sub-procesos que van desde la trituración de la aceituna en un molino de martillos metálicos,
- 40 hasta la limpieza del aceite en la separadora centrífuga vertical.
- En la primera fase o molienda, no existen hoy en día particulares sistemas de medición o control que no sean los propios intuitivos y visuales que realiza el maestro, siendo particularmente importante la elección de la criba que determina el grado de molienda, con el fin de evitar la formación de finos y emulsiones; es por ello que no se
- 45 recomienda añadir agua en este punto, ya que es muy fácil la aparición de emulsiones que complican el proceso de batido y centrifugación posterior.
- En el proceso de batido en la actualidad, y en el mejor de los casos, solo se cuenta con sistemas de control de temperatura simples, que tratan de mantener este parámetro dentro de unos límites de operación. En cuanto a la adición
- 50 de coadyuvantes, se suele añadir microtalco o enzimas en cantidades fijas, durante toda una campaña y a criterio e intuición del maestro y en algunas zonas se añade agua de forma descontrolada, en función a los bajos contenidos de humedad que puede presentar la aceituna, con la consiguiente complicación añadida, pues ambas adiciones, agua y microtalco, deben ser añadidos en función de parámetros tecnológicos establecidos en base al estado de la pasta a la entrada de la termo-batidora.
- 55 En la actualidad, en las soluciones de automatización existentes en el mercado, la adición de agua en el proceso de termo-batido, se realiza única y exclusivamente bajo criterios de protección de la maquinaria, es decir, se añade agua de manera descontrolada cuando existe una sobrecarga eléctrica en el sistema de agitación de la batidora. Se ha podido comprobar que en condiciones de operación normales no existe una relación sencilla y clara entre el valor reológico de la masa (visco-pastosidad, compacidad, consistencia, fluidez, etc), y el consumo eléctrico del accionamiento de la batidora, obteniéndose respuestas fuertemente no lineales, ante bajos contenidos de humedad de la pasta de aceituna, debido principalmente a la tendencia al sobre dimensionamiento de los sistemas de agitación.
- 60 En el siguiente proceso de separación sólido-liquido, la pasta de aceituna previamente tratada en el proceso de termo-batido, es conducida al decantador centrífugo horizontal, por medio de una bomba de desplazamiento positivo; en este proceso de centrifugación, se separan la fracción oleosa, de las fracciones acuosa y sólida.
- 65

ES 2 288 359 A1

Son conocidas en el sector oleícola las ventajas del decantador centrifugo horizontal de dos fases en donde se elimina el vertido de la fase acuosa o alpechín altamente contaminante, incorporándolo a la fase sólida, llamada por algunos autores “alperujo”, que se caracteriza por un mayor contenido de humedad.

5 Este sistema de dos fases, precisa de un mayor y más crítico control de la humedad y de otros parámetros tecnológicos, con más exigencia que en el proceso de separación en tres fases, de ahí la aportación de la presente invención que se basa en un control total y coordinado del proceso que conlleva más producción unitaria, menos pérdidas de aceite en los orujos y menos vertido de aguas contaminantes.

10 Actualmente, los únicos controles que se emplean en esta parte del proceso, son el control simple del régimen de alimentación de pasta al decantador centrifugo horizontal, mediante un dispositivo medidor de caudal y un variador de frecuencia que actúa sobre la bomba volumétrica de masa. La cantidad de agua a añadir se realiza totalmente de forma manual y a criterios del maestro, lo cual dista bastante de lo que debe ser, que es controlar un flujo acuoso variable, acorde con la naturaleza cambiante de la aceituna, para mantener estables y controlados los niveles de separación en el decantador centrifugo horizontal y poder así reducir tanto las pérdidas de aceites en los orujos como la suciedad del aceite obtenido, y finalmente el vertido de aguas contaminantes.

15 En los momentos actuales, no existe ningún otro tipo de medida en línea, control, actuación, o intervención en el propio decantador centrifugo horizontal, aunque ciertos fabricantes han incorporado dispositivos que permiten ajustar tanto la velocidad diferencial como el ajuste externo de los diafragmas de regulación. Estos ajustes aunque existen en algunas instalaciones, no se usan en la práctica, debido principalmente a la falta de formación, dificultad y gran complicación en su manejo, el desconocimiento general y finalmente la ausencia de instrumentos en línea que indiquen los resultados de los cambios en línea.

20 En la fase final del proceso de centrifugación, el aceite obtenido, con un determinado porcentaje de suciedad y humedad, es conducido mediante una bomba centrifuga, de manera discontinua a una separadora centrifuga vertical para su limpieza final, sometiéndolo a fuertes aceleraciones centrifugas, con valores de g en torno a 7.000.

25 Este proceso de alta centrifugación, elimina parte del exceso de agua resultante del proceso anterior, así como la humedad que queda atrapada (humedad nuclear), en los finos que poseen una densidad similar al aceite. Para ello, y según las prácticas actuales, se adiciona una cantidad de agua de forma manual y a criterios del maestro, siguiendo controles visuales periódicos, existiendo una tendencia generalizada a añadir siempre una cantidad de agua mayor de la necesaria, con el consiguiente aumento de los vertidos contaminantes.

30 Por otra parte, la temperatura del agua añadida se controla también de forma manual, siendo muy difícil en la práctica el no sobrepasar los 35°C.

35 La separadora centrifuga vertical, posee un sistema automático de limpieza que actúa sobre la máquina, cada cierto tiempo y a elección y criterios del maestro, por no disponerse de ningún dispositivo que indique el grado de suciedad interno de la máquina o del aceite final.

40 Una vez así centrifugado el aceite y no exento totalmente de finos y humedad, es conducido a los depósitos de decantación natural antes de almacenaje en bodega.

45 Esta necesidad de tener que controlar toda la maquinaria de la almazara, mediante controles visuales periódicos y la necesidad de realizar controles analíticos más o menos frecuentes de pérdidas de aceite en los orujos y en las aguas de lavado de aceite y si además a esto se une que en las actuales almazaras existen como media al menos dos- tres líneas, es fácil entender, la gran dificultad que tiene el maestro para atender a toda la instalación, lo que hace poco efectivo el sistema de trabajo de control del proceso, dentro de un escenario cambiante, provocado por la variabilidad de la materia prima, que además debe ser controlado con todo el rigor necesario siguiendo las nuevas normativas de seguridad alimentaria.

50 Finalmente, la obsesión por recuperar hasta la última gota del aceite extractable por centrifugación, ha llevado al sector a la necesidad de tener que instalar en las almazaras, lo que se denomina operaciones de segunda centrifugación, es decir tomar las masas centrifugadas de la primera extracción y volverlas a pasar por otro proceso de centrifugación.

55 Esto ha conllevado el tener que soportar grandes inversiones en la compra de maquinaria, que aparte de la amortización hay que considerar los gastos de energía, personal y de mantenimiento para recuperar entre un 5% MG/S y un 12% MG/S, ya que este aceite debe ser vendido como aceite de orujo a menor precio. Este post-proceso es el que normalmente se realiza en las extractoras de orujo antes del proceso de extracción química propiamente dicho, para recuperar, parte y no todo del aceite residual que se ha indicado anteriormente.

60 Para evitar los inconvenientes reales que se han detallado anteriormente al emplear sensores *NIR* y dar un gran paso cualitativo hacia otras soluciones más innovadoras y fiables, en primer lugar, debe modificarse la estrategia en la medición de la variable clave más importante, que en lugar de “buscar el aceite que se pierde” por motivo de un sistema de elaboración mejorable, sea la de “crear las mejores condiciones de elaboración y mantenerlas controladas en todo momento” usando otra variable o magnitud que no precise el empleo de ningún analizador en línea para saber en tiempo- real, el contenido en aceite que se va por los orujos. En el caso concreto de esta invención, se ha encontrado sobre la base del más profundo y representativo conocimiento de la fracción total hidro-molecular de la aceituna y

del índice de pureza oleosa en los aceites resultantes. Estos parámetros han resultado ser de una gran importancia en el proceso de elaboración de aceite de oliva virgen por centrifugación, pues en unión con otras variables auxiliares permite un control total del proceso.

5 La nueva sensorística está diseñada para, con la ayuda de al menos un procesador digital, controlar y optimizar una línea completa de elaboración de manera integral y coordinada, pues todo en ella está interrelacionado. A continuación se detallan las características que debe presentar:

- 10 • Un sistema de medición capaz de evaluar en-línea, la fracción total hidro-molecular en cualquier punto del proceso, por tanto que sea capaz de adaptarse para medir en conductos o tuberías, en batidora, en tanque.
- El sistema de medida, debe estar diseñado para aplicaciones verdaderamente en-línea con el proceso, sin necesidad de preparar la muestra y analizar como está evolucionando el mismo.
- 15 • Facultad de medir una sección transversal representativa, y poder medir correctamente la corriente principal del producto, evaluando el proceso de forma relevante, condición indispensable para un control u optimización fiables.
- Un sistema de medición que no necesite la transparencia óptica del medio, o basado en propiedades óptico reflexivas y sea independiente del grado de suciedad o de incrustación del sensor, condición indispensable como en el caso anterior.
- 20 • Que la solución completa basada en estos nuevos sensores, esté en condiciones de mantener bajo control y en todo momento todos los procesos involucrados en la línea de elaboración en su justo punto de trabajo óptimo, con una mínima intervención por parte del maestro.

25 Explicación de la invención

La presente invención consiste en un nuevo sistema de control coordinado por puntos óptimos, para líneas de elaboración, de aceite de oliva virgen y de aceites de orujo por centrifugación. Se basa en un nuevo procedimiento para la determinación en línea de la fracción total hidro-molecular a partir de la interacción de las moléculas de agua presentes en la materia prima y fluidos resultantes de los procesos de centrifugación, con un campo de origen electromagnético de microondas, utilizando sensores especialmente preparados para el proceso. Esta propiedad de interacción molecular del agua con las microondas, es usada en la presente invención para la determinación en línea de un nuevo parámetro o concepto que nos indica el grado de limpieza de los aceites resultantes en los procesos de elaboración por centrifugación tanto en primera como segunda centrifugación; éste nuevo parámetro se denomina, "índice de pureza oleosa", que es el punto clave para obtener el control total del proceso de elaboración.

Este nuevo sistema, ofrece un conocimiento más profundo de las propiedades moleculares de ciertos componentes presentes en la pasta de aceituna, así como en los orujos y en los aceites resultantes del proceso industrial de separación.

40 Esto, significa poder conocer, el agua libre de origen vegetal o añadida, y el agua embebida (humedad nuclear) fuertemente secuestrada por la pulpa y el hueso (hidrófilos), que forman parte de la fracción sólida presentes tanto en la aceituna, como en los orujos. Este mejor conocimiento de la materia prima y la incorporación del parámetro índice de pureza oleosa, unido a otras magnitudes auxiliares que intervienen en el proceso de elaboración, son las entradas de información para que el sistema de control, controle la línea completa de una manera coordinada y predictiva, adecuándose en todo momento a la naturaleza cambiante de la aceituna a procesar y con una mínima atención por parte del maestro de la almazara.

50 Todas estas funcionalidades se consiguen mediante un sistema que con sus correspondientes elementos de actuación y medida, actúa sobre los parámetros tecnológico-operacionales más importantes de toda la línea de elaboración, desde la salida del molino, hasta el separador centrifugo vertical, para mantenerlos dentro de los requerimientos de máxima producción y calidad.

55 Específicamente, el objeto de la presente invención es un sistema de control coordinado, para líneas de extracción continua de aceite de oliva virgen, basado en la evaluación continua, en cualquier punto de la línea, de la fracción total hidro-molecular, y caracterizado porque dicha evaluación se lleva a cabo, mediante sensores de campos electromagnéticos en la banda de microondas. Dichos sensores son del tipo de transmisión de onda, trabajando en un rango de frecuencias comprendido entre 1 a 10 Ghz, y se ubican en al menos uno de los siguientes puntos de la línea de extracción:

- 60 a) En la batidora, en particular en el cuerpo superior a la entrada de la pasta de aceituna.
- b) En el conducto de salida de la bomba volumétrica, que conduce la pasta de aceituna hacia el decantador centrifugo horizontal.
- 65 c) En el conducto de salida del aceite del decantador centrifugo horizontal.
- d) En el conducto de salida del aceite de la separadora centrifuga vertical.

ES 2 288 359 A1

La línea de extracción en la que se sitúan los sensores, es de aceite de oliva virgen de primera ó de segunda centrifugación. El sistema puede incluir adicionalmente medidores auxiliares de caudal, temperatura, nivel y potencia eléctrica. Tanto los sensores de microondas como los medidores auxiliares transmiten la información al menos a un procesador modular digital de control.

5 Dicho procesador modular digital de control, realiza las siguientes acciones de control y regulación en la batidora; alimentación en continuo de la pasta de aceituna, dosificación de microalco y/o enzimas, adición de agua y control de temperatura de la pasta de aceituna.

10 En el decantador centrífugo horizontal, el procesador modular digital realiza las siguientes acciones de control y regulación: control del régimen de alimentación en continuo de pasta de aceituna batida, adición final de agua, variación de la velocidad diferencial, actuación sobre los diafragmas y regulación de periodos de limpieza, y en el separador centrífugo vertical realiza las siguientes acciones de control y regulación: control del régimen de alimentación en continuo de aceite procedente del decantador centrífugo horizontal, régimen de adición de agua de lavado, control de temperatura del agua de lavado y regulación de periodos de limpieza.

Descripción detallada de la invención

20 En cada uno de los procesos de termo-batido, extracción y limpieza del aceite de una línea de elaboración de aceite de oliva virgen, es decir desde la salida del molino o entrada a la termo-batidora y la separadora centrífuga vertical, la presente invención aporta en primer lugar un mejor conocimiento del comportamiento de los fluidos o materias presentes en cada uno de los procesos anteriores y como consecuencia de ello, gracias a otras magnitudes físicas auxiliares, conocer cuales son las mejores condiciones tecnológicas tanto del proceso como de la maquinaria, que se denominarán “puntos óptimos de trabajo” que van mucho más allá del simple control de la humedad en un solo punto del proceso. El objetivo es, mediante el sistema de control coordinado objeto de la presente invención, controlar las condiciones para que estos puntos óptimos de trabajo estén conseguidos y garantizados en todo tiempo.

30 En primer lugar y para comprender el porqué de la necesidad de una nueva solución para el control del proceso de elaboración de aceites de oliva virgen, es necesario hacer un pequeño repaso sobre la constitución de las materias o productos del proceso, léase, pasta de aceituna entrada a termo-batidora, pasta de aceituna a la entrada al decantador centrífugo horizontal, los orujos como parte residual del proceso de elaboración y aceites obtenidos.

35 La pasta de aceituna está compuesta por una parte de sólidos (fracción de sólidos) y otra de líquidos, es decir agua vegetal (fracción hidro-molecular) y aceite (fracción oleosa). La fracción de sólidos a su vez se compone de huesecillos del endocarpio más la pulpa fibrosa resultante del proceso de molienda de la aceituna, mesocarpio, pericarpio y parte del endocarpio. Estos componentes sólidos de la aceituna, están normalmente “empapados” en mayor o menor medida por el agua vegetal, es decir agua absorbida por el árbol del suelo, junto con otras sustancias nutritivas más el aceite que es el que se pretende separar en el proceso.

40 Esta presencia de sólidos en la constitución de la pasta de aceituna, hace que la misma se comporte como un fluido no newtoniano, y haya que tener en cuenta magnitudes como la visco-pastosidad, compacidad, consistencia, grado de fluidez, etc, es decir su valor reológico, que condiciona y en algunas ocasiones impide una elaboración con normalidad, de la pasta de aceituna, tanto en el proceso de batido como en el de separación centrífuga, (lo que comúnmente se llaman pastas difíciles).

45 El contenido de sólidos en la aceituna se reparte entre 14-20% para el hueso, del 1-3% para la semilla o almendra y el resto 8-10% para el epicarpio y resto de pulpa. Los otros dos componentes, agua vegetal y aceite, constituyen la fracción líquida compuesta por el agua de vegetación (40-55%) y aceite (18-33%), ésta fracción líquida hace, que la pasta de aceituna pueda fluir y manipularse con relativa facilidad en el proceso. Es necesario recordar que esta fase líquida proviene de un fruto, como es la aceituna, con continuos cambios en las proporciones de sus componentes, o de las características de alguno de ellos, afectando al proceso, sobre todo en la preparación de la pasta.

55 Estos dos componentes (agua y aceite), hay que tratarlos con mucho cuidado pues a determinadas temperaturas de trabajo y en presencia de sólidos, pueden aparecer durante ciertas fases del proceso de batido, emulsiones indeseables. Estas emulsiones pueden aparecer bien durante la molienda por adición incontrolada de agua y la acción del movimiento a altas velocidades de los martillos del molino, o incluso durante el batido en función de la humedad de la aceituna, frutos deteriorados y/o tiempos de batido excesivos.

60 Por tanto, es necesario considerar el agua original o vegetal y el agua añadida como fracción total hidro-molecular de la pasta de aceituna que aunque es una eximente de la elaboración, también es un coadyuvante y puede utilizarse a conveniencia para favorecer el objetivo de su correcta separación en el decantador centrífugo horizontal.

65 Esta fracción total hidro-molecular es el parámetro más variable e impredecible en el proceso de elaboración siendo además un factor decisivo en el buen funcionamiento tanto del proceso de termo-batido, como extracción en el decantador centrífugo horizontal y de la separadora centrífuga vertical.

ES 2 288 359 A1

El proceso de batido

En primer lugar y para crear condiciones de caracterización de la masa, desde el inicio del proceso, hay que conocer la fracción total hidro-molecular en la pasta de aceituna a la entrada a la *termobatidora* en el cuerpo superior, mediante un sensor de microondas por transmisión. De esta manera se puede conocer con exactitud en qué condiciones está entrando la materia prima que se va a procesar, para así poder adecuar y controlar los parámetros de operación más importantes en su justo punto óptimo.

Para mantener controlados los parámetros del termo-batido dentro de los niveles de operación más convenientes, el sistema objeto de invención, regula en modo continuo el régimen de alimentación de la pasta de aceituna, a partir del nivel de la termo-batidora y modificando bien sea la velocidad de la bomba de alimentación de la pasta de aceituna por medio de un variador de frecuencia, o bien mediante cualquier otro medio de regulación proporcional sea válvula de regulación o compuerta, o bien si el molino está justo antes de la batidora, modificando el régimen de alimentación al mismo. Todo ello con el fin y objetivo de mantener el régimen de elaboración continuo sin cortes ni detenciones, pues el proceso de extracción en el decantador centrífugo horizontal también es continuo.

Mediante el empleo de este nuevo sensor por microondas a la entrada de la batidora, conociendo la fracción total hidro-molecular (magnitud clave) y el régimen de elaboración, el presente sistema objeto de invención, decide en que momento adicionar agua y en que cantidad exacta, justo para llevar la magnitud clave al punto de trabajo óptimo o de condiciones estándar.

De forma análoga al caso anterior con el conocimiento de la fracción total hidro-molecular y el régimen de elaboración, el sistema objeto de invención decide en que momento hay que adicionar coadyuvantes (microtalcó o enzimas) y en que cantidad, modulando el sistema de dosificación en función del parámetro de operación o punto óptimo de trabajo.

Al mismo tiempo, conociendo la fracción total hidro-molecular, el régimen de elaboración, el nivel de llenado de la termo-batidora, y las temperaturas de entrada y salida de la pasta más la temperatura del agua de calefacción, el sistema objeto de la presente invención, controla la temperatura de la pasta de aceituna a la salida de la batidora, dentro del valor preestablecido o punto óptimo de trabajo.

Por tanto, el nuevo sistema objeto de la invención, mediante la evaluación en continuo y en la corriente principal del proceso de la fracción total hidro-molecular y otras magnitudes auxiliares, controla de forma integral y coordinada, los siguientes puntos óptimos de trabajo:

- Establecer el punto óptimo de alimentación continua más adecuado en cada momento.
- Decidir el momento y punto óptimo de microtalcó o enzimas a dosificar.
- Decidir el momento y punto óptimo de cantidad de agua a añadir.
- Controlar el punto óptimo de temperatura de la pasta de aceituna en la batidora.

Estos cuatro aspectos son los parámetros más descontrolados en estos momentos, pues su control y vigilancia se basa en los controles visuales periódicos del maestro.

A partir del proceso de termo batido controlado en todo momento y considerando la pasta de aceituna dentro de los parámetros operacionales deseados, ésta es conducida al decantador centrífugo horizontal, por medio de una bomba de desplazamiento positivo, bien sea de doble tomillo o engranajes, del tipo lobular o cualquier otro tipo accionado por un motor eléctrico al cual se le añade un variador de frecuencia para la velocidad de la bomba y por consiguiente para variar el régimen de alimentación al decantador centrífugo horizontal.

El proceso de separación centrífuga

En este proceso y si se trata de un sistema de elaboración de dos fases, se produce la separación de la fase oleosa o aceite por un lado y el resto de los componentes de la aceituna por otro, que comúnmente se le llama orujos o alperujos. Pero hay que tener presente que la inmensa mayoría de los decantadores centrífugos horizontales trabajando en dos fases, no disponen de regulación externa de los diafragmas, es por esa razón que es muy importante mantener las condiciones óptimas controladas en todo momento, con independencia del tipo de aceituna a elaborar, aunque una gran parte del trabajo de estandarización ya se hizo en el proceso anterior, es crítico poder controlar este proceso gracias a las ventajas de un más profundo conocimiento, tanto de la pasta de aceituna al conocer con exactitud y precisión la fracción total hidro-molecular a la entrada al decantador centrífugo horizontal y el conocimiento exacto y preciso del índice de pureza oleosa del aceite obtenido, a la salida del mismo, gracias a la nueva tecnología de sensores de microondas por transmisión que nos revela el estado de toda la corriente principal del producto tal y como va evolucionando en el proceso mismo. Estas dos magnitudes son piezas clave, en unión de otros parámetros auxiliares, para controlar en todo momento el estado interno de los anillos que se forman en el interior del decantador centrífugo horizontal o punto óptimo de trabajo tal y como se ve más adelante.

ES 2 288 359 A1

En un decantador centrífugo horizontal de dos fases y partiendo de una pasta de características determinadas, se realiza el proceso de separación sólidos-agua-aceite, mediante la acción de la fuerza centrífuga provocada por la velocidad angular de los órganos internos, sometiendo al conjunto de la pasta a una gravedad proporcional a la aceleración centrífuga (w^2r) que interviene de manera notoria en los valores (G), factor que determina la eficiencia de la máquina y viene deducido de la siguiente expresión.

$$G = w^2r/g$$

en la que (w^2r) es la aceleración centrífuga y (g) la aceleración de la gravedad, los valores normales de (G) de un decantador centrífugo horizontal en el mercado, están entre 2.500 y 3.000.

En el interior del decantador, se produce una separación de los distintos componentes formando los anillos, gracias a la acción de la aceleración centrífuga vista anteriormente y a las diferentes densidades de cada uno de los componentes que para la pasta de aceituna son típicamente de 1,2 a 1,3 g/cm³ para el elemento más pesado que es la fracción sólida, 1,05 a 1,06 g/cm³ para la fracción acuosa, y finalmente la fracción oleosa con densidades entre 0,915 a 0,917 g/cm³. Estos componentes se sitúan dentro del decantador centrífugo horizontal de fuera hacia adentro por el mismo orden, no siendo nítidas las separaciones entre las fases sino que aparecen zonas de transición.

La fracción sólida total, es desplazada dentro del decantador centrífugo horizontal por la acción del sinfín que gira a una velocidad distinta de la parte externa del rotor y evacuada por un conducto adecuado, generando un subproducto denominado orujo, sobre el que se centran todos los esfuerzos de monitorización y vigilancia y el punto en donde se han empleado los sensores NIR en línea.

La exigencia de conocer las pérdidas de grasa en los orujos, ha sido y es un verdadero quebradero de cabeza de fabricantes de maquinaria, maestros de almazara, ingenieros, y centros de investigación, etc. Por ésta razón es fácil pensar que todo el mundo está más preocupado por el aceite que se pueda perder, que en crear condiciones para la extracción total y tomar las oportunas acciones correctoras antes de que las pérdidas ocurran.

Partiendo de la condición de que la pasta de aceituna, ha sido convenientemente preparada en el proceso anterior de termo-batido y llevada a las condiciones óptimas de trabajo, para ser procesada en el decantador centrífugo horizontal, se debe de conocer la fracción total hidro-molecular como variable clave en esta parte del proceso.

En este proceso es de vital importancia el conocimiento de la fracción total hidro-molecular de la pasta de aceituna antes de entrar al decantador centrífugo horizontal, así como el conocimiento del índice de pureza oleosa del aceite saliente del mismo en la corriente principal del proceso tal y como está evolucionando.

Estas dos magnitudes clave, en unión con otras variables auxiliares, tales como el caudal de pasta, el caudal de agua a añadir, la velocidad diferencial y el consumo eléctrico del accionamiento principal del *decantador centrífugo horizontal*, son fundamentales para que el sistema objeto de la presente invención, controle de forma integral y coordinada, los siguientes puntos óptimos de trabajo.

- Establecer y controlar el régimen de caudal de pasta más conveniente dentro de valores óptimos.
- Establecer y controlar la fracción total hidro-molecular más conveniente para el decantador.
- Decidir el momento y caudal exacto de agua a añadir al proceso.
- Decidir la velocidad diferencial del decantador más conveniente en cada momento.
- Controlar el diafragma de salida de aceite si el decantador lo lleva incorporado.
- Controlar la interfase del anillo aceite-agua con respecto a posición del diafragma.
- Regulación de los periodos de limpieza del decantador.
- Detección de funcionamientos irregulares del decantador.

El aceite obtenido a la salida del decantador centrífugo horizontal, en esta fase del proceso y controlado en todo momento por el sistema, para que las impurezas de densidad próxima al aceite y la humedad nuclear resultantes, estén siempre por debajo de límites operacionales razonables, es conducido al tamiz de separación de finos, y posteriormente mediante una bomba centrífuga es llevado al siguiente proceso de limpieza final antes de su decantación natural, fase que se explica a continuación.

65 *El proceso de limpieza del aceite*

Partiendo de las condiciones de trabajo anteriormente expuestas y los procesos de batido y separación controlados en sus puntos óptimos de trabajo, el aceite separado en el decantador centrífugo horizontal, irá acompañado como se

ES 2 288 359 A1

ha citado antes, de una determinada cantidad de sólidos finos y agua procedente de la interfase o zona de transición, valor que el sistema objeto de la presente invención, como índice de pureza oleosa, mantiene siempre controlado en todo momento, con el fin de separar el máximo de aceite y evitar pérdidas en los orujos.

5 Como consecuencia de esta situación el aceite impurificado tiene que someterse a un proceso de depuración que se realiza en una separadora centrífuga vertical, en este proceso, el aceite suele mezclarse con una determinada cantidad de agua caliente que se usa como medio depurador, el íntimo contacto de éstos productos, las diferentes densidades y la aceleración centrífuga que en estas máquinas puede alcanzar valores de (G) de hasta 7.000, hacen que se obtenga el aceite de oliva virgen con un estado de pureza que tras una decantación rápida se clasifique por calidad y se almacene
10 en bodega.

Esta etapa final del proceso, tiene sus propios puntos críticos que deben ser controlados y mantenidos en todo momento dentro de los valores o parámetros de calidad cada vez más exigentes. Para ello, una de las novedades más importantes que aporta la presente invención, es el conocimiento en tiempo real del índice de pureza oleosa, a la salida
15 de la separadora centrífuga vertical, por medio de un nuevo sensor adecuado basado en un campo de microondas por transmisión, con el fin de poder conocer en todo momento la calidad de todo el aceite que sale del proceso de limpieza siendo la magnitud clave para el control de este proceso.

Con el conocimiento de la magnitud clave del índice de pureza oleosa, a la salida de la separadora centrífuga vertical, y otras variables auxiliares, tales como el caudal de aceite, el caudal de agua, la temperatura del agua, la temperatura del aceite, y la integración del sistema de limpieza de la máquina, el sistema objeto de la presente invención, controla de forma integral y coordinada, los siguientes puntos óptimos de trabajo:

- 25 • Estabilizar el flujo de aceite a la separadora
- Establecer el caudal exacto de agua de adición a la separadora
- Controlar la temperatura del agua de adición a la separadora
- 30 • Regulación de los periodos de limpieza de la separadora
- Detección de funcionamientos irregulares de la separadora

Finalmente, con los tres procesos controlados dentro de los puntos óptimos de trabajo (termo-batido, separación y limpieza), con independencia de las variaciones de las características de la materia prima y gracias al conocimiento de la fracción total hidro-molecular de la pasta de aceituna y el índice de pureza oleosa de los aceites, la aplicación industrial del sistema objeto de la presente invención, ofrece las siguientes ventajas:

40 1.) *Ahorro en el consumo de coadyuvantes (microtalcó o enzimas).*- El ahorro en este insumo, es fácilmente demostrable, pues normalmente el sistema de trabajo que se está usando hoy en día, es el dosificar una cantidad fija a criterio del maestro. La presente invención dosificará la cantidad justa (entre el 1% y el 3%) según régimen de elaboración y solo cuando sea preciso.

45 2.) *Menor gasto de agua (solo la que se precisa).*- Con el sistema objeto de la invención, el ahorro de agua es manifiesto, pues normalmente el sistema de trabajo actual, es añadir una cantidad estimada y a criterios de maestro. Ese no es el criterio correcto a seguir; el presente sistema dosificará la cantidad justa de agua y solo cuando sea necesario en función de la naturaleza cambiante de la aceituna y el estado de los anillos en el interior del decantador centrífugo horizontal.

50 3.) *Optimización del Proceso de Batido.*- Por medio de la determinación en línea de la fracción total hidro-molecular, a la entrada de la pasta de aceituna en la batidora, y por consiguiente la potestad de decidir cuando y cuanto coadyuvante añadir, así como el control total sobre el agua a añadir, unido a la mejora del sistema de alimentación de pasta de discontinuo a continuo, más el control de temperatura, puede decirse que las condiciones del proceso de batido, comparándolo con la actual situación o modo de trabajo, presenta todas las ventajas posibles, sobre todo desde
55 el punto de vista de la obtención de aceites vírgenes de la máxima calidad.

4.) *Control preciso del decantador centrífugo horizontal.*- Hasta la fecha, la maquinaria y el proceso están siendo controlados a través de controles visuales periódicos que realiza el maestro de la almazara, al no contar con los sensores que indiquen como está evolucionando la máquina o el proceso de separación, teniendo que estar pendiente, de varias
60 máquinas a la vez y tener que esperar resultados de los análisis que cuando los recibe, la situación ya cambió de nuevo. Con el sistema objeto de la presente invención, sabe que la máquina estará siempre en su punto óptimo de trabajo, incluso variando las características de la aceituna, las pérdidas se reducen al mínimo y se controla mejor la maquinaria.

5.) *Mayor agotamiento de los orujos.*- Resulta evidente las ventajas y beneficios a la vista de los resultados obtenidos en las fases de evaluación en instalaciones reales. El decantador centrífugo horizontal siempre está trabajando en su justo punto óptimo de trabajo, pues una vez prefijado éste, siempre se mantiene controlado sin necesidad de estar pendiente del estado de los orujos.

6.) *Máxima extracción posible con la mayor calidad.*- Mediante las prestaciones del sistema objeto de la presente invención, se sabe que todo el aceite o fracción oleosa, está saliendo por donde debe y el que, a pesar del control, se vaya con los orujos, solo podrá extraerse o bien en segunda extracción de forma parcial, o bien extraerlo todo por procedimientos químicos.

7.) *Mayor rendimiento del decantador centrífugo horizontal.*- Con el nuevo sistema objeto de la presente invención el decantador centrífugo horizontal siempre estará operando al máximo de sus posibilidades tecnológico-operativas, no como ahora que se lleva a un régimen normalmente por debajo del que aconseja el fabricante, no teniendo en cuenta en cada momento (tiempo real) las condiciones cambiantes de la aceituna.

8.) *Menor necesidad de dedicación por parte del maestro.*- Ya se ha indicado que la maquinaria queda bajo control, en todo momento adaptándose a la materia prima, por lo que son precisas mínimas intervenciones por parte del maestro, quedando éste libre para otras funciones de vigilancia tecnológica de toda la almazara y con menor presión.

9.) *Mejor control del proceso de limpieza del aceite.*- Comparando las prestaciones que se obtienen con la presente invención, con los controles actuales de este proceso, las diferencias son sustanciales, pues se pasa de los clásicos controles visuales periódicos de la separadora centrífuga vertical, a un sistema que por medio del conocimiento en tiempo real del índice de pureza oleosa del aceite procesado permite regular los flujos de aceite y agua, así como controlar los ciclos de limpieza de la máquina.

10.) *Reducción de efluentes contaminantes.*- El conocimiento del índice de pureza oleosa, de los aceites tanto a la salida del decantador centrífugo horizontal como del aceite final a la salida de la separadora centrífuga vertical, gracias a los nuevos sensores de microondas y su control permanente, permite una sustancial reducción de las necesidades de agua de limpieza con la consiguiente disminución de los vertidos contaminantes.

11.) *Menor coste de la inversión.*- Con el nuevo sistema totalmente instalado en una almazara, puede perfectamente ser evitada la inversión de instalar maquinarias de repaso con todos sus accesorios, y costes derivados, para sacar una pequeñísima porción del aceite mecánicamente extractable, comparando con el coste razonable de una automatización así entendida.

12.) *Menor coste de mantenimiento.*- El no tener que usar sensores delicados, que necesitan calibraciones periódicas, que tienen partes móviles delicadas, y descalibraciones por golpes, etc. los costes de mantenimiento se reducen, al no tener necesidad de personal técnico especializado.

Breve descripción de las figuras

Figura 1: Descripción del bloque funcional 1

Figura 2: Descripción del bloque funcional 2

Figura 3: Descripción del bloque funcional 3

Figura 4: Diagrama de la arquitectura del procesador digital modular de control

Figura 5: Resultados obtenidos en el bloque funcional 1

Figura 6: Resultados obtenidos en el bloque funcional 2 a la entrada al separador centrífugo horizontal

Figura 7: Resultados obtenidos en el bloque funcional 2 a la salida del separador centrífugo horizontal

Figura 8: Resultados obtenidos en el bloque funcional 3

Modo de realización de la invención

Se han realizado experiencias en diversas instalaciones, experimentales y comerciales, de elaboración de aceite de oliva virgen. En la experiencia llevada a cabo en la Almazara Experimental del Instituto de la Grasa del CSIC se emplearon sensores basados en la tecnología de microondas por transmisión de las series μ -ICC suministrados por la compañía pro|M|tec.

Estos sensores permiten un excelente control de los productos que intervienen en el proceso de elaboración, en la propia corriente principal del proceso, obteniendo medidas totalmente representativas de la fracción total hidromolecular (agua libre más la humedad nuclear o agua embebida), en la pasta de aceituna, y el nuevo parámetro, índice de pureza oleosa de los aceites, condición indispensable para su empleo en una solución de control.

Es indispensable una adecuada selección de los puntos de medición de las variables anteriores, para obtener la máxima autoridad y representatividad controlando el proceso de elaboración de forma automática, reduciendo la carga de trabajo a que el maestro de la Almazara se ve normalmente sometido.

ES 2 288 359 A1

El control total, integral y coordinado de todo el proceso de elaboración se lleva a cabo mediante un procesador modular digital de control, diseñado para controlar y optimizar por separado cada una de las tres partes del proceso de elaboración, (preparación, separación y limpieza), interviniendo en cada una de ellas, un número determinado de sensores para la determinación de variables complementarias y al menos un nuevo sensor de tecnología microondas por transmisión. Este procesador modular digital de control puede adaptarse para controlar y optimizar de forma coordinada toda la línea de elaboración, o bien, por separado en cada una de las partes del proceso, denominados Bloques Funcionales, que se describen a continuación:

a) *Fase de preparación o termo-batido (Bloque Funcional-1)*.- Esta fase, está compuesta por los elementos que intervienen en el proceso desde el molino con su sistema de alimentación, el sistema de bombeo de la pasta de aceituna triturada y la termo-batidora con todos sus equipos accesorios hasta el conducto de salida de la pasta ya preparada.

b) *Fase de separación por centrifugación (Bloque Funcional-2)*.- Esta fase, está compuesta por los elementos que integran el proceso, desde la bomba de pasta de aceituna a la salida de la termo-batidora y la maquinaria que integra el decantador centrifugo horizontal hasta el tamiz de limpieza a la salida del aceite de dicho decantador.

c) *Fase de limpieza final (Bloque Funcional-3)*.- Esta fase, está compuesta por los elementos que integran el proceso, desde la bomba centrífuga del aceite tamizado, la maquinaria que integra la separadora centrífuga vertical con todos sus automatismos de limpieza y equipos accesorios, y la bomba de trasiego de aceite a la bodega o depósitos de decantación previa.

A cada una de las tres partes del proceso, corresponde un *Bloque Funcional*, compuesto éste, de al menos un nuevo sensor de microondas por transmisión, operando en un rango de frecuencias comprendido entre 1 a 10 Ghz., una serie de sensores estándar para la medición de variables auxiliares o complementarias, tales como: caudales, niveles, temperaturas y potencia eléctrica y un procesador modular digital de control (PMDC), con su periferia de entradas y salidas y su interfase para manejo del operador.

Este procesador modular digital de control (PMDC) está descompuesto a su vez, por tres sub-módulos de periferia de entradas y salidas (sub-módulo-1, sub-módulo-2 y sub-modulo-3) correspondientes a cada uno de los tres Bloques Funcionales, para permitir su instalación progresiva de forma separada, ofreciendo cada una de ellos sus propias funcionalidades de acuerdo a las necesidades operacionales de cada una de los tres Bloques Funcionales, obteniéndose los máximos beneficios cuando se implementa el procesador modular digital de control (PMDC) de forma completa, ver (Figura 4).

Se presentan tres diagramas de bloques, con la arquitectura de cada uno de los tres Bloques Funcionales donde puede verse la ubicación de los diferentes sensores de microondas y los sensores que corresponden a las variables auxiliares o complementarias, así como las diferentes actuaciones de cada uno de los tres sub-módulos de que consta el procesador modular digital de control (PMDC) completo.

Descripción del bloque funcional 1 (Figura 1)

A continuación se describen los elementos sensores y actuadores con sus correspondientes correlaciones, que juntamente con el procesador modular digital de control PMDC y el sub-módulo-1 de periferia de entradas y salidas (ver Figura 4), conforman la primera parte de la presente invención (sistema de control), que controla y optimiza todas las operaciones inherentes al proceso de preparación de pasta.

Este Bloque Funcional-1, dispone de una magnitud clave para la caracterización de la pasta de aceituna que consiste en un nuevo sensor de microondas por transmisión [4] ubicado en la parte superior de la termo-batidora [7] inmediatamente después de la caída de pasta, permitiendo conocer el valor de la fracción total hidro-molecular de la pasta, y en función de ella, el sistema de control decide el momento preciso de adicionar la cantidad adecuada de agua por medio del sensor de flujo [13] y el modulador [3]. Esta acción se combina mediante un algoritmo especial con la potencia absorbida por el accionamiento de la termo-batidora [7] a través del sensor [6], y con el régimen de elaboración volumétrica de pasta de aceituna por medio del sensor [10] y de forma coordinada con el sensor de fracción total hidro-molecular de la pasta de aceituna a la salida de la termo-batidora por medio del sensor [14], para garantizar las condiciones de elaboración para la siguiente fase de separación.

Del mismo modo, y a partir de las informaciones de la fracción total hidro-molecular mediante el sensor [4], y el flujo de elaboración volumétrica de pasta de aceituna por medio del sensor [10], el sistema de control, decide el momento preciso de adicionar la cantidad adecuada de coadyuvantes (bien sea microtalco o enzimas) por medio del dosificador [12].

Para garantizar unas condiciones de elaboración estables y de modo continuo, el sistema de control, por medio del sensor de nivel [11], actúa bien sobre el sistema de alimentación del molino de martillos [1] o sobre la bomba de pasta de aceituna [2], que conduce la pasta desde el depósito [15] a la termo-batidora [7], para mantener un flujo estable de pasta a la misma consiguiéndose una alimentación en continuo, mejorando las condiciones para la optimización del

ES 2 288 359 A1

proceso. Esta acción se combina mediante un algoritmo especial con el flujo de elaboración volumétrica de pasta de aceituna por medio del sensor de flujo [10], bombeada por medio de la bomba volumétrica [8].

A partir de los parámetros de operación, que el maestro propone, el sistema de control, por medio del sensor de temperatura [9], actúa sobre el sistema de aportación de calor [5] para mantener la temperatura de la pasta a la salida de la termo-batidora [7] con el fin de mantener la temperatura del proceso, por debajo de los niveles exigidos en función de los requisitos de calidad y producción. Esta acción se combina mediante un algoritmo especial con el nivel de llenado de la termo-batidora [7] con el fin de mejorar la dinámica del sistema.

10 Descripción del bloque funcional 2 (Figura 2)

A continuación se describen los elementos sensores y actuadores con sus correspondientes correlaciones que, juntamente con el procesador modular digital de control o sistema de control y el (sub-módulo-2) de periferia de entradas y salidas (ver Figura 4), conforman la fase de separación sólido-líquido del proceso, que controla y optimiza el proceso de centrifugación de la pasta de aceituna.

Este bloque funcional-2, dispone de dos magnitudes claves basadas en la determinación en línea y en la corriente principal del proceso, de la fracción total hidro-molecular de la pasta de aceituna a la entrada al decantador centrifugo horizontal y del índice de pureza oleosa del aceite elaborado, por medio de sensores de microondas por transmisión, operando en frecuencias comprendidas entre 1 a 10 Ghz., que permiten un mayor conocimiento de la naturaleza de los fluidos intervinientes en el proceso de elaboración.

A partir de esta consideración, el sistema de control, juntamente con los parámetros de operación introducidos por el maestro, determina la fracción total hidro-molecular de la pasta de aceituna más conveniente en cada momento a la entrada al decantador centrifugo horizontal, por medio del sensor [11] instalado en la tubería principal de entrada, decidiendo si es preciso, cuando adicionar agua y la cantidad precisa a añadir, empleando para ello, el sensor de flujo [3] y el modulador [2]. Esta acción se realiza de forma coordinada a partir del régimen de elaboración, el cual también es controlado por el sistema de control, por medio del sensor de flujo [10] y el sistema de variación de velocidad de la bomba de alimentación de pasta [1], con el fin de mantener controladas las condiciones de trabajo más convenientes en cada momento, con independencia de las características cambiantes de la aceituna.

Estas dos magnitudes, régimen de elaboración o flujo de pasta y la fracción total hidro-molecular, son permanentemente calculadas y controladas por el sistema de control, en función del estado de los anillos en el interior del decantador centrifugo horizontal [5].

Para ello, el sistema de control y a partir de la segunda magnitud clave, que indica el índice de pureza oleosa del aceite saliente [7] por los conductos de evacuación, por medio del sensor [8] y un algoritmo de control específico, modifica de manera conveniente tanto la fracción total hidro-molecular como el régimen de elaboración más adecuado, así como la actuación o modulación prioritaria sobre el dispositivo de ajuste externo del diafragma [12], si la máquina dispone de tal ajuste. Todo ello con el fin de mantener los anillos en su justo punto óptimo de trabajo, con independencia de las características cambiantes de la aceituna.

De esta forma, manteniendo el índice de pureza oleosa, siempre controlado y dentro de unos parámetros adecuados y precisos, no es necesario el estar midiendo o vigilando de forma permanente el nivel de pérdidas de aceite a la salida del conducto de los orujos [6], pues con este sistema de trabajo, se tiene la seguridad de que todo el aceite extractable por centrifugación, sale por los conductos de salida del aceite y no con los orujos.

En cada régimen de elaboración y condición de trabajo, el sistema de control, establece la velocidad diferencial del decantador centrifugo horizontal, más conveniente, por medio del sensor de velocidad diferencial [13] actuando sobre el sistema de variación [9], y teniendo en cuenta la carga específica del decantador por medio del sensor [4], con el fin conseguir la máxima extracción de los aceites, por centrifugación, con independencia del régimen de elaboración.

Descripción del bloque funcional 3 (Figura 3)

A continuación se describen los elementos sensores y actuadores con sus correspondientes correlaciones, que juntamente con el procesador modular digital de control o sistema de control y el (sub-módulo-3) de periferia de entradas y salidas (ver Figura 4), conforman la fase de limpieza del aceite elaborado en la fase anterior de centrifugación, que controla y optimiza el proceso de depuración del aceite en la separadora centrifuga vertical.

Este Bloque Funcional-3, dispone de una magnitud clave basada en la determinación en línea y en la corriente principal del proceso, del índice de pureza oleosa del aceite final conforme está saliendo de la separadora centrifuga vertical, por medio de un sensor de microondas por transmisión, operando en frecuencias comprendidas entre 1 a 10 Ghz., el cual permite un mejor conocimiento de las condiciones del aceite.

Con el fin de garantizar un régimen de alimentación de aceite a la separadora centrifuga vertical [11], el sistema de control a partir del sensor de flujo de aceite final producido [10] y bombeado por la bomba [9] desde el depósito [8], estabiliza el flujo de aceite entrante a la separadora, por medio del dispositivo de regulación de la bomba de trasiego [2] que transporta el aceite del depósito de aceite tamizado a la separadora centrifuga vertical [11].

ES 2 288 359 A1

A partir del índice de pureza oleosa del aceite final determinado por el sensor [6], el sistema de control, juntamente con los parámetros de operación introducidos por el maestro, determina en primer lugar la cantidad justa de agua a añadir, empleando para ello, el sensor de flujo [4] y el modulador [3] y en segundo lugar establece las órdenes a sistema de limpieza de la separadora centrífuga vertical [11] y avisa al operador de irregularidades en el funcionamiento de la misma.

De esta manera, y teniendo en cuenta una mejor y más estable limpieza de los aceites resultantes del proceso de separación centrífuga sólidos-líquidos de la fase anterior y un control total y continuo sobre el aceite final mediante el índice de pureza oleosa, se requiere menor cantidad de agua de lavado, y mayor eficiencia en el uso de la maquinaria al tiempo de una optimización de los vertidos tanto del agua de lavado como de las purgas de sólidos.

El sistema de control, partir de la temperatura del aceite a la salida del vibrotamiz [1] y a partir del sensor de temperatura [12], establece la temperatura más adecuada del agua de limpieza por medio del sensor de temperatura del agua [15] y el modulador de calor [14], manteniendo la temperatura del agua a un valor no inferior a 35°C y no superior al valor de seguridad que estime el maestro.

Descripción del sistema de control (Figura 4)

A continuación se describen los bloques funcionales de que consta el procesador modular digital de control ó sistema de control, el cual está compuesto por la unidad de interfase con el operador [1] y el módulo de comunicaciones [7].

La unidad central de proceso [2] o módulo principal es en donde se realizan los cálculos, correlaciones y algoritmos de control, para cada uno de los Bloques Funcionales [5], a partir de los parámetros de operación almacenados en el bloque de almacenamiento [6].

El sistema de control, a su vez dispone de tres sub-módulos de entradas y salidas [4] en donde se ubican los elementos de conversión, y adaptación de señales; cada uno de ellos, está diseñado y dimensionado para la gestión de cada una de las tres áreas del proceso, de forma separada o independiente, de tal manera, que puedan ser implementadas de forma gradual o completa.

Resultados obtenidos con los nuevos sensores

Bloque funcional 1

En la figura 5 se muestran los resultados derivados del funcionamiento del sensor utilizado para el análisis en continuo de la fracción total hidro-molecular de la pasta en la batidora, para diferentes variedades y calidades de aceituna (arbecuina, manzanilla, picual, hojiblanca, etc. ...) en diversas condiciones de proceso (grado de molienda, temperatura de batido, etc...).

Los resultados obtenidos para las 526 muestras, indican la existencia de una correlación clara ($R^2=91,84$ y Error Estándar = 1,44) entre las medidas on-line realizadas por el sensor y los valores de laboratorio, siendo, por tanto, un sensor válido para el análisis on-line de la fracción total hidro-molecular en la pasta de aceituna en batidora y poder ser usado en el sistema de control para la caracterización de la masa.

Bloque funcional 2. Entrada separador centrífugo horizontal

En la figura 6 se muestran los resultados derivados del funcionamiento del sensor de tubería, utilizado para el análisis de la fracción total hidro-molecular en continuo de la pasta de aceituna inyectada al separador centrífugo horizontal para las diferentes variedades (arbecuina, manzanilla, picual, hojiblanca, etc. ..) en diversas condiciones de proceso (grado de molienda, temperatura de batido, etc. ...).

Los resultados obtenidos para las 1.387 muestras, indican la existencia de una correlación clara ($R^2=99,13$ y Error Estándar = 0,726) entre las medidas on-line realizadas por el sensor y los valores de laboratorio, siendo, por tanto, el sensor totalmente válido para el análisis on-line de la fracción total hidro-molecular de la pasta de aceituna que es inyectada al separador centrífugo horizontal y poder ser usado en el sistema de control para una buena regulación del proceso.

Bloque funcional 2. Salida separador centrífugo horizontal

En la figura 7 se muestran los resultados derivados del funcionamiento del sensor utilizado para el análisis on-line del índice de pureza oleosa del aceite a la salida del separador centrífugo horizontal para diferentes variedades de aceituna y en diversas condiciones de proceso.

Los resultados obtenidos para las 420 muestras de aceite, indican la existencia de una correlación clara ($R^2=99,01$ y Error Estándar = 0,27) entre las medidas on-line realizadas por el sensor y los valores de laboratorio, validándose de esta forma para el análisis on-line del índice de pureza oleosa del aceite a la salida del separador centrífugo horizontal, pudiéndose por tanto ser homologado para el control del proceso por su seguridad de operación y eficiencia.

ES 2 288 359 A1

Bloque funcional 3. Salida separador centrífugo vertical

En la figura 8 se muestran los resultados derivados del funcionamiento del sensor de tubería utilizado para el análisis en continuo del índice de pureza oleosa del aceite a la salida de la centrifuga vertical.

5

Estos resultados proceden de las mediciones aportadas por los sensores con diferentes variedades (arbequina, manzanilla, picual, hojiblanca, ...) y calidades de aceituna, en diversas condiciones de proceso.

10

Los resultados obtenidos para las 218 muestras de aceite, indican la existencia de una correlación clara ($R^2=98,21$ y Error Estándar = 0,056) entre las medidas on-line realizadas por el sensor y los valores de laboratorio, siendo este válido para el análisis on-line del índice de pureza oleosa a la salida de la centrifuga vertical.

15

20

25

30

35

40

45

50

55

60

65

REIVINDICACIONES

5 1. Sistema de control coordinado para líneas de extracción continua de aceite de oliva virgen, basado en la evaluación continua, en cualquier punto de la línea, de la fracción total hidro-molecular, y **caracterizado** porque dicha evaluación se lleva a cabo, mediante sensores de campos electromagnéticos en la banda de microondas.

10 2. Sistema de control coordinado para líneas de extracción continua de aceites de oliva virgen, según la reivindicación 1, **caracterizado** porque los sensores son del tipo de transmisión de onda, trabajando en un rango de frecuencias comprendido entre (1 a 10 Ghz.).

15 3. Sistema de control coordinado para líneas de extracción continua de aceites de oliva virgen, según las reivindicaciones 1 y 2, **caracterizada** porque los sensores se ubican en al menos uno de los siguientes puntos de la línea de extracción:

- 15 a) En la batidora, en particular en el cuerpo superior a la entrada de la pasta de aceituna.
- b) En el conducto de salida de la bomba volumétrica, que conduce la pasta de aceituna hacia el decantador centrifugo horizontal.
- 20 c) En el conducto de salida del aceite del decantador centrífugo horizontal.
- d) En el conducto de salida del aceite de la separadora centrifuga vertical.

25 4. Sistema de control coordinado para líneas de extracción continua de aceite de oliva virgen, según las reivindicaciones 1 a 3, **caracterizado** porque la línea de extracción en la que se sitúan los sensores, es de aceite de oliva virgen de primera centrifugación.

30 5. Sistema de control coordinado para líneas de extracción continua de aceite de oliva virgen, según las reivindicaciones 1 a 3, **caracterizado** porque la línea de extracción en la que se sitúan los sensores, es de aceite de oliva virgen de segunda centrifugación.

35 6. Sistema de control coordinado para líneas de extracción continua de aceite de oliva virgen, según las reivindicaciones 1 a 5, **caracterizado** porque el sistema incluye adicionalmente medidores auxiliares de caudal, temperatura, nivel y potencia eléctrica.

40 7. Sistema de control coordinado para líneas de extracción continua de aceite de oliva virgen, según las reivindicaciones 1 a 6, **caracterizado** porque los sensores y medidores auxiliares, transmiten la información al menos a un procesador modular digital de control.

45 8. Sistema de control coordinado para líneas de extracción continua de aceite de oliva virgen, según la reivindicación 7, **caracterizado** porque el procesador modular digital de control, realiza las siguientes acciones de control y regulación en la batidora; alimentación en continuo de la pasta de aceituna, dosificación de microtalcó y/o enzimas, adición de agua y control de temperatura de la pasta de aceituna.

50 9. Sistema de control coordinado para líneas de extracción continua de aceite de oliva virgen, según la reivindicación 7, **caracterizado** porque el procesador modular digital de control, realiza las siguientes acciones de control y regulación, en el decantador centrifugo horizontal: régimen de alimentación en continuo de pasta de aceituna batida, adición final de agua, variación de la velocidad diferencial, actuación sobre los diafragmas y regulación de periodos de limpieza.

55 10. Sistema de control coordinado para líneas de extracción continua de aceite de oliva virgen, según la reivindicación 7, **caracterizado** porque el procesador modular digital de control, realiza las siguientes acciones de control y regulación, en el separador centrifugo vertical: régimen de alimentación en continuo de aceite procedente del decantador centrifugo horizontal, régimen de adición de agua de lavado, control de temperatura del agua de lavado y regulación de periodos de limpieza.

60

65

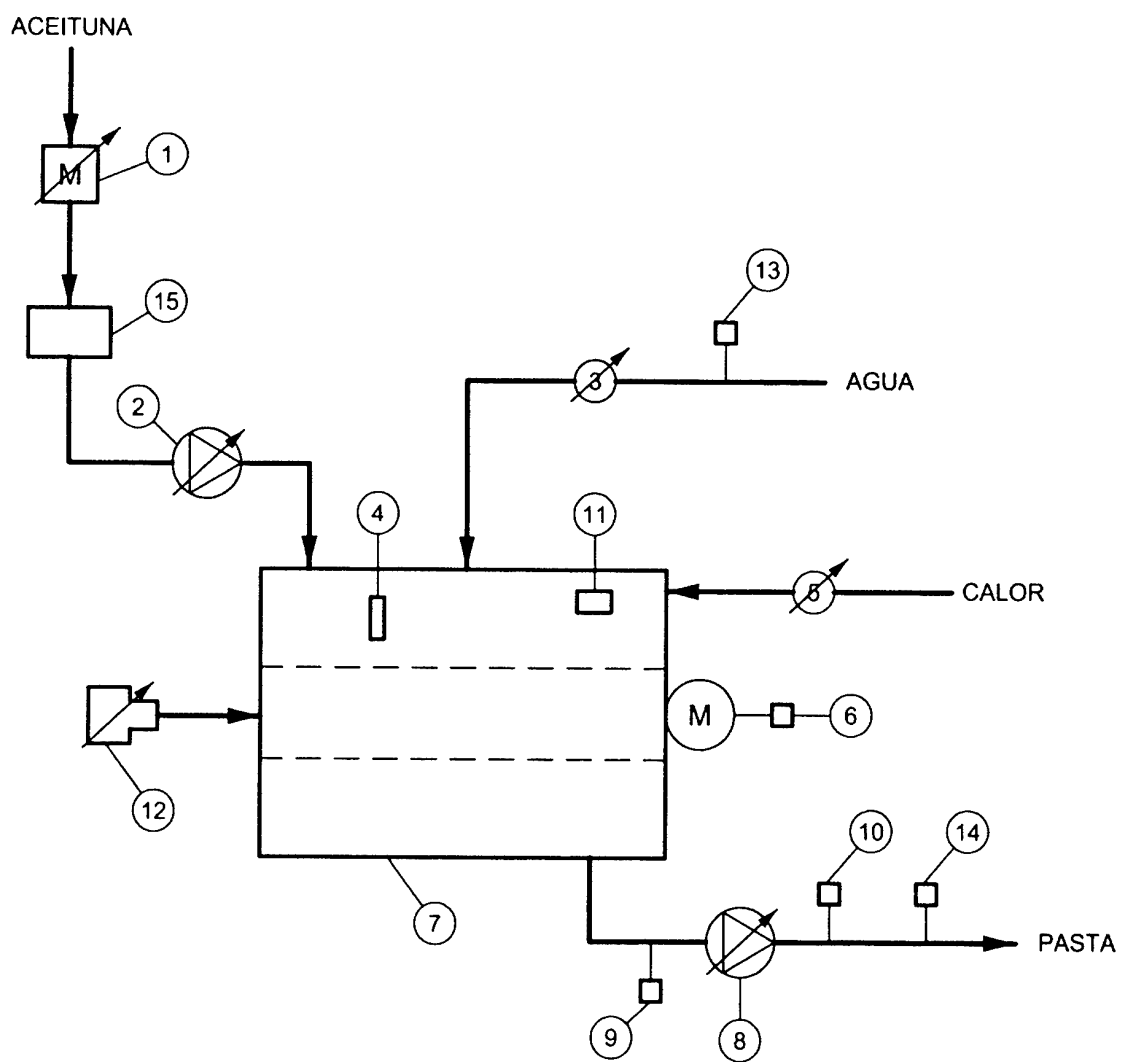


FIGURA-1

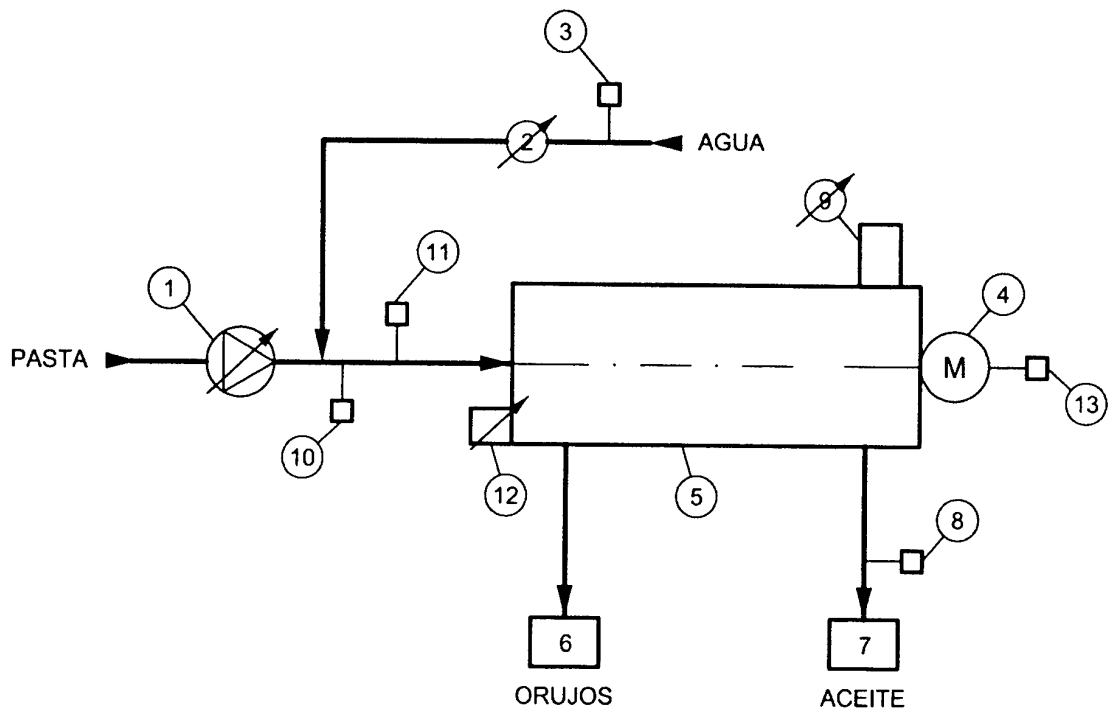


FIGURA-2

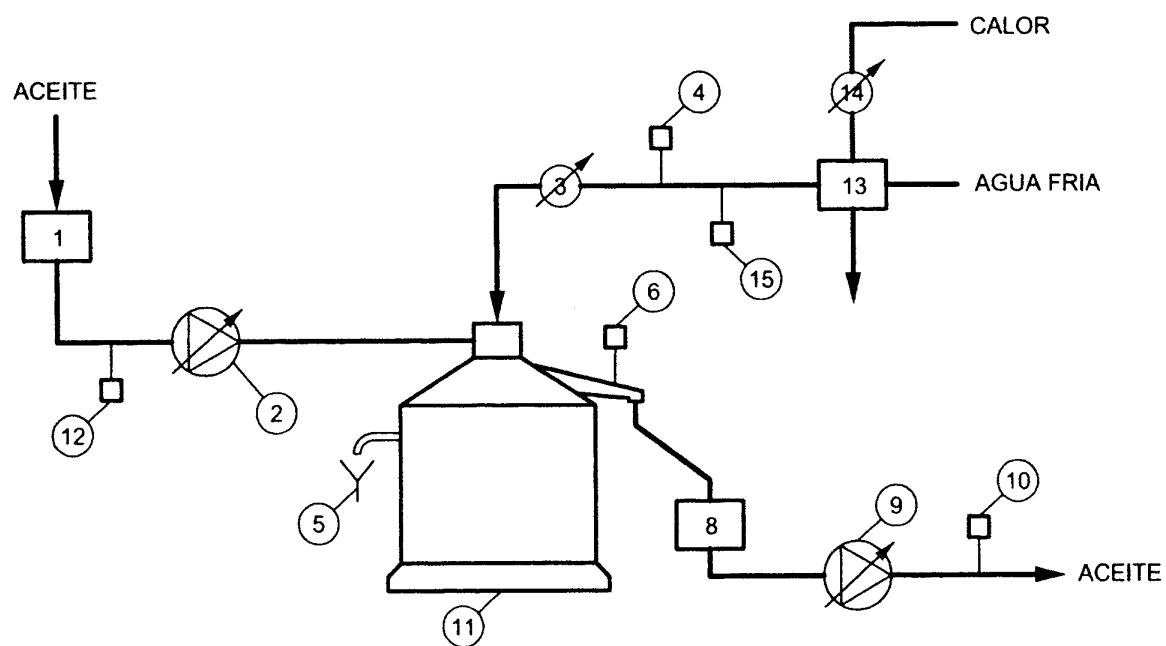


FIGURA-3

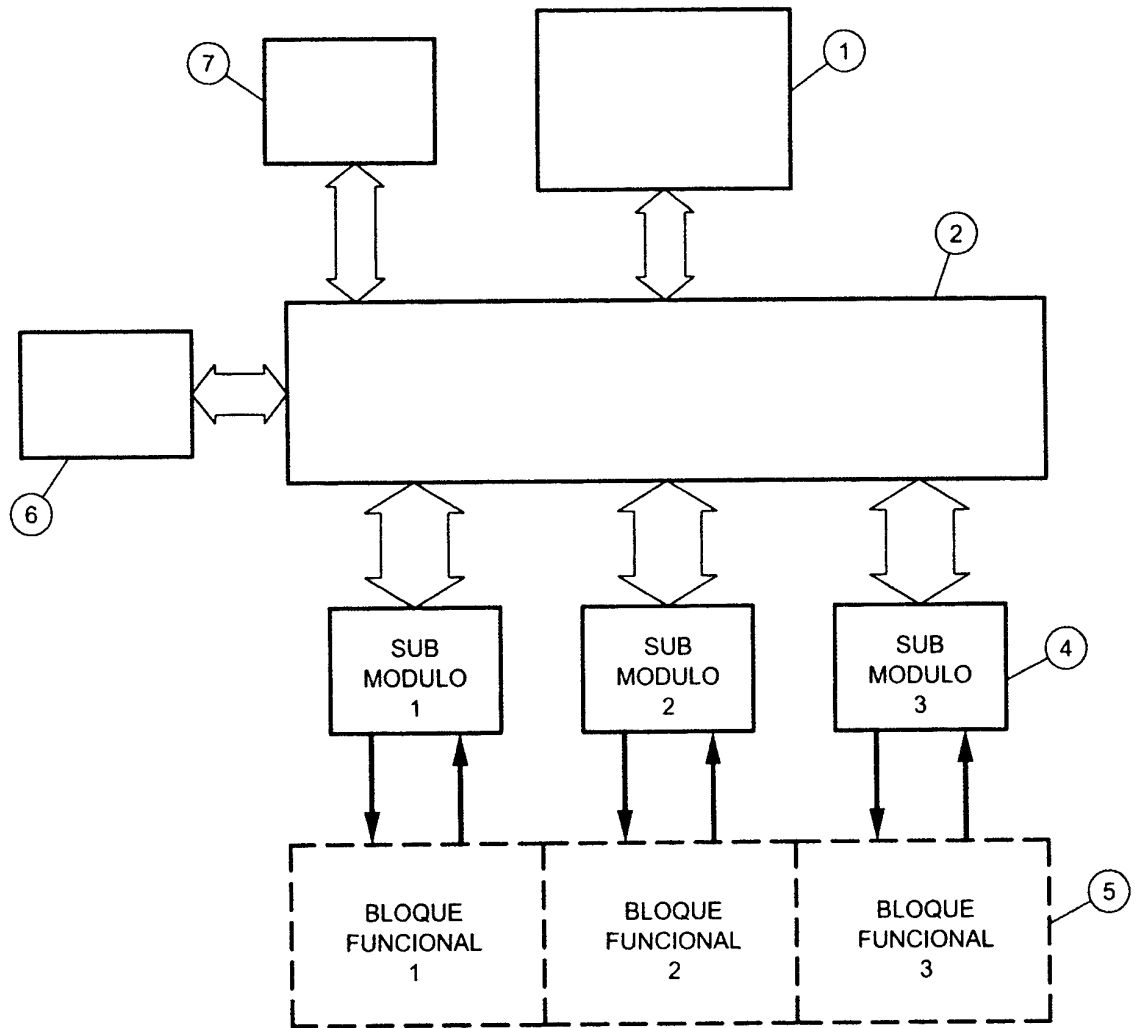


FIGURA-4

FIGURA 5

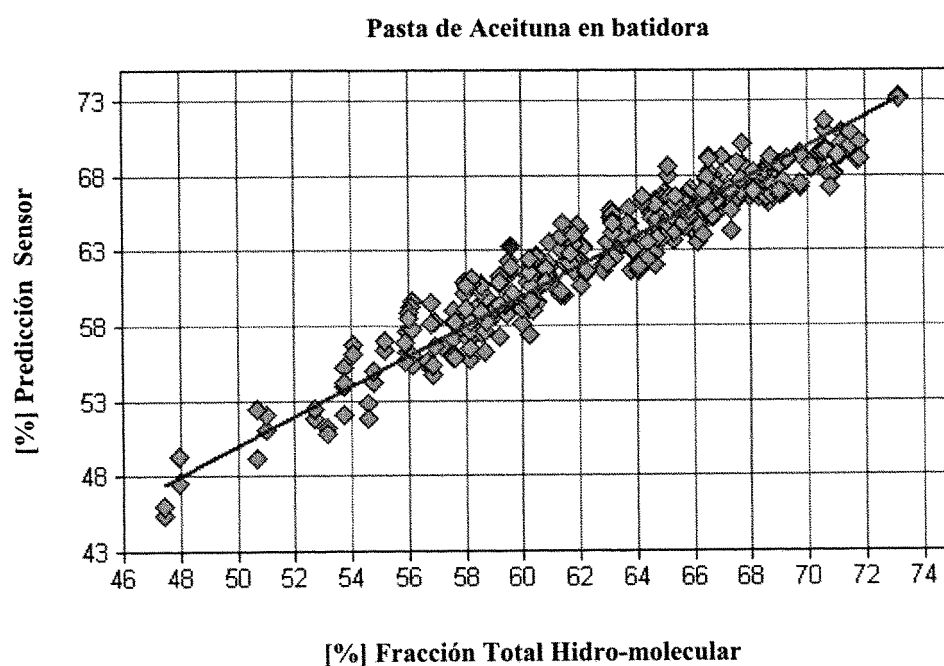


FIGURA 6

Pasta de Aceituna a decanter

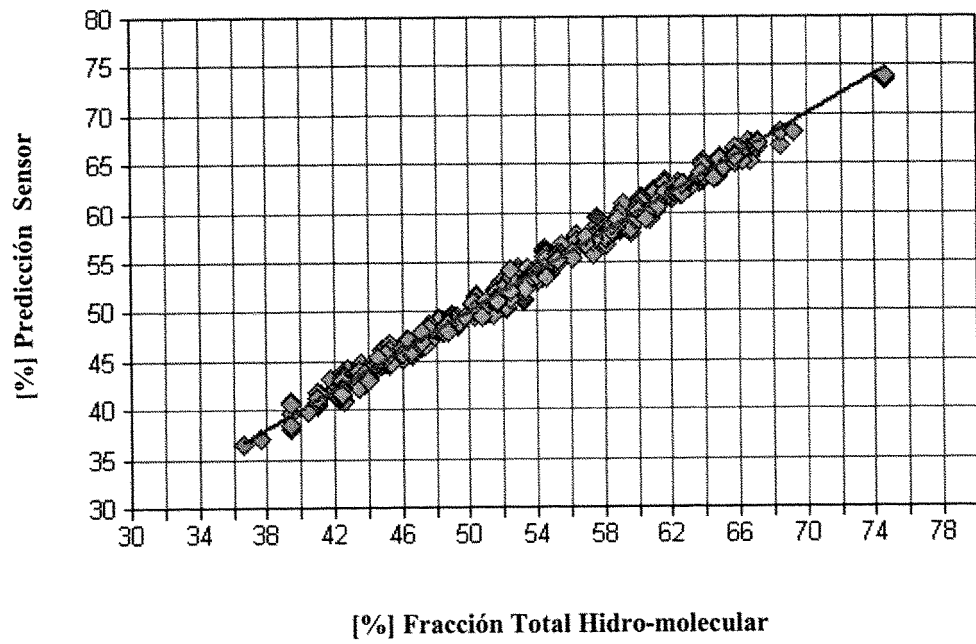


FIGURA 7

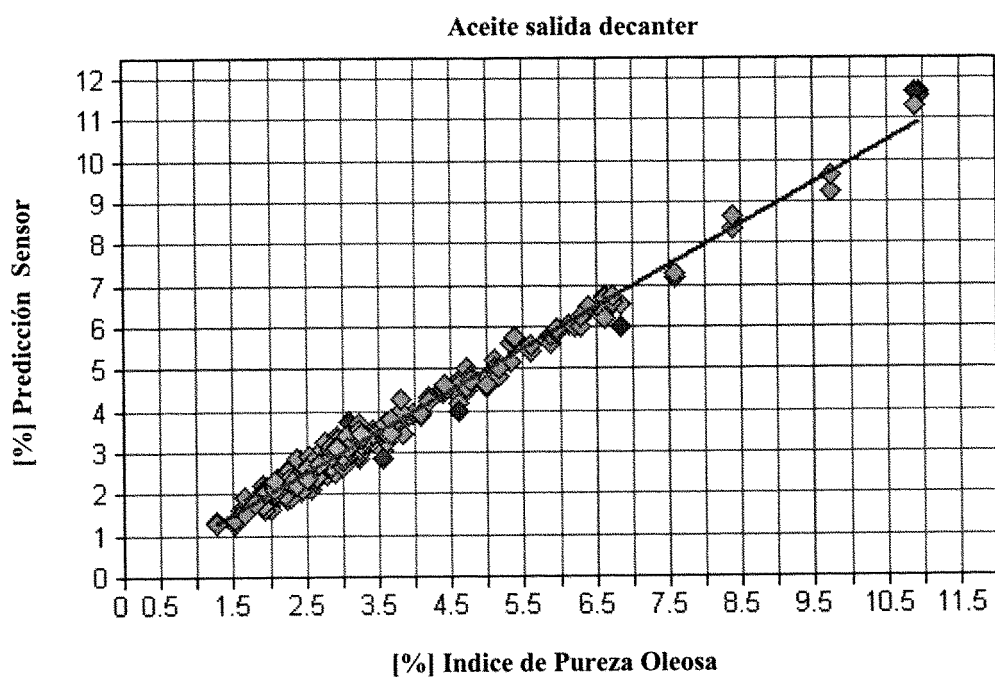
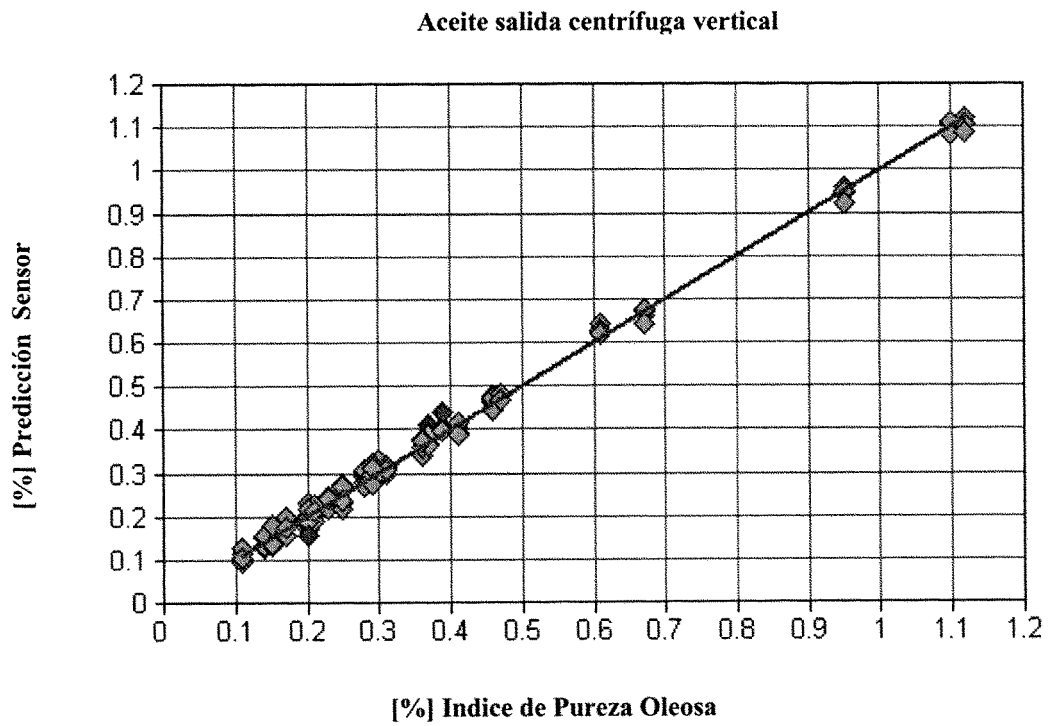


FIGURA 8





OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

① ES 2 288 359

② Nº de solicitud: 200501667

③ Fecha de presentación de la solicitud: **08.07.2005**

④ Fecha de prioridad:

INFORME SOBRE EL ESTADO DE LA TÉCNICA

⑤ **Int. Cl.:** Ver hoja adicional

DOCUMENTOS RELEVANTES

| Categoría | Documentos citados | Reivindicaciones afectadas |
|-----------|---|----------------------------|
| Y | ES 2190330 A1 (GARCÍA MESA) 16.07.2003, página 2, líneas 7-24; página 3, líneas 14-43; página 4, líneas 11-34; página 5, línea 14; página 6, líneas 1-36; página 7, líneas 53,54; reivindicación 1. | 1-5,7-10 |
| Y | ES 2221774 A1 (UNIVERSIDAD DE SEVILLA) 01.01.2005, página 2, línea 46 - página 3, línea 10; página 3, línea 45 - página 4, línea 10; página 4, línea 28 - página 5, línea 4; página 5, línea 49 - página 6, línea 14; página 6, líneas 29-35. | 1-5,7-10 |
| A | US 5383353 A (MARRELLI et al.) 24.01.1995, resumen. | 1 |

Categoría de los documentos citados

X: de particular relevancia

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

A: refleja el estado de la técnica

O: referido a divulgación no escrita

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

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

El presente informe ha sido realizado

para todas las reivindicaciones

para las reivindicaciones nº:

Fecha de realización del informe

28.08.2007

Examinador

J. Olalde Sánchez

Página

1/2

CLASIFICACIÓN DEL OBJETO DE LA SOLICITUD

G01N 23/00 (2006.01)

G01N 33/03 (2006.01)

G05B 15/00 (2006.01)

C11B 1/00 (2006.01)