

19



OFICINA ESPAÑOLA DE PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 696 200**

21 Número de solicitud: 201830823

51 Int. Cl.:

**C10L 5/44** (2006.01)

12

SOLICITUD DE PATENTE

A1

22 Fecha de presentación:

**10.08.2018**

43 Fecha de publicación de la solicitud:

**14.01.2019**

71 Solicitantes:

**UNIVERSIDAD DE LEÓN (100.0%)  
Avenida de La Facultad 25  
24071 LEÓN ES**

72 Inventor/es:

**CALVO PRIETO, Luis Fernando;  
GARCÍA PÉREZ, Ana Isabel y  
PANIAGUA BERMEJO, Sergio**

74 Agente/Representante:

**CARVAJAL Y URQUIJO, Isabel**

54 Título: **PELLET ECOLÓGICO MIXTO, PROCEDIMIENTO DE ELABORACIÓN Y USOS**

57 Resumen:

La presente invención se refiere a un pellet ecológico mixto y su procedimiento de elaboración. Particularmente, el pellet ecológico mixto comprende un residuo agrario herbáceo y biomasa lignocelulósica proveniente de cultivos en los que no se utilizó ningún tipo de producto de síntesis química, sino que fue abonado con material orgánico natural. El residuo agrario herbáceo puede ser paja de cereal y la biomasa lignocelulósica puede ser madera.

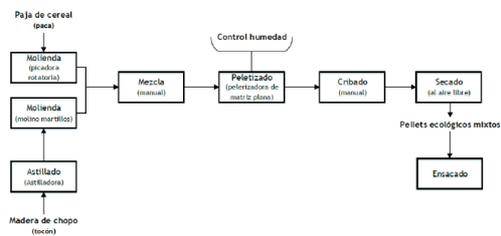


Figura 1.

**DESCRIPCIÓN**

**PELLET ECOLÓGICO MIXTO, PROCEDIMIENTO DE ELABORACIÓN Y USOS**

**5 SECTOR TÉCNICO**

La presente invención se enmarca dentro del campo de combustibles sólidos de origen biológico para la industria energética, particularmente para la generación de energía a partir de biomasa. Mas particular, la presente invención se refiere a un combustible sólido para calderas y estufas de biomasa.

**ANTECEDENTES DE LA INVENCION**

El sector energético (tanto a nivel doméstico como industrial) demanda el desarrollo constante de materiales combustibles que supongan mayor eficiencia de calentamiento a menores costos para el usuario final.

La tendencia actual es buscar nuevas fuentes de energía que además sean capaces de disminuir el uso de los combustibles fósiles<sup>1</sup>; es por ello que pellets biomásicos y determinados procesos para la elaboración de estos han sido desarrollados. El documento WO2015185498A1 describe pellets para fines de calentamiento hechos de biomasa a base de lignocelulosa, que contienen al menos un aditivo reductor de ceniza y/o polvo fino y un aglutinante basado en polisacáridos. El documento US2011/0041390 A1 describe un proceso que utiliza materia prima de biomasa, incluida madera, cultivos agrícolas y malezas, en forma individual o en combinación para la formación de pellets biomásicos. De la misma forma, en el documento ES2490941 A1 se determina el diseño de una maquinaria específica (estufa) para llevar a cabo la combustión de estos pellets de naturaleza biomásica.

Aún con todo, la investigación en lo que a este campo se refiere se encuentra en una etapa incipiente y existe la necesidad en el estado de la técnica de crear materiales provenientes de fuentes de energía renovable con métodos que tengan propiedades sorprendentes y mejoradas, y que, a su vez, sean más respetuosos con el medio ambiente.

35

Como se indicó anteriormente, el documento US2011/0041390 A1 describe la utilización de madera, cultivos agrícolas y malezas, en forma individual o en combinación, para formar pellets. Aunque tal anterioridad describe la posibilidad de formar pellets con paja de hierba y madera, sin especificar el tipo, el proceso planteado implica la utilización de  
5 placas intercambiadoras para remover impurezas que implican mayores costos de implementación y operación. Es de resaltar que los pellets convencionales sólo utilizan madera procedente de cultivos usualmente tratados con abonos químicos, nunca residuos herbáceos.

10 Los inventores de la presente solicitud han desarrollado un pellet ecológico mixto formado por residuos orgánicos y su procedimiento de elaboración, que tienen características mejoradas, específicamente con una alta durabilidad, bajo contenido de cenizas y valores de poder calorífico superiores a los encontrados hasta el momento, lo que faculta la utilización del material como combustible, a la vez que se logra un  
15 abaratamiento de costos mediante la rigurosa selección de la materia prima y el mantenimiento de determinadas condiciones en el procedimiento. Además, el origen de las materias primas utilizadas para la elaboración del pellet ecológico de la presente invención y el alto porcentaje de contenido de residuo herbáceo permite catalogar el producto como amigable con el medio ambiente.

20

### **DESCRIPCIÓN DE LA INVENCION**

La presente invención se refiere a un pellet ecológico mixto que comprende un residuo agrario herbáceo y biomasa lignocelulósica, en proporciones de mezcla en masa  
25 determinadas. En el contexto de la presente solicitud, el término 'ecológico' significa que es amigable con el medio ambiente y 'mixto' que es creado a partir de la mezcla de materiales.

En el procedimiento de elaboración del pellet ecológico mixto de la presente invención,  
30 es clave la etapa de selección de las materias primas. Por 'residuo agrario herbáceo' se entienden restos, sobrantes de cultivos, o combinaciones de estos, como por ejemplo paja de cereales, poda de árboles y viñedos, y similares. La paja de cereal, por ejemplo, es considerada como un residuo, en los años de excedencia, procedente del proceso de producción agrario de difícil gestión en años de abundancia agraria, que tiene  
35 importantes propiedades térmicas.

Por su parte, la 'biomasa lignocelulósica' es aquella en la que predomina la celulosa, hemicelulosa y lignina, por ejemplo, madera, caña de cereal, biomasa arbustiva o residuos procedentes de industria maderística. En la presente invención, la biomasa  
 5 lignocelulósica proviene de cultivos en los que no se ha utilizado ningún tipo de producto de síntesis química, sino en los que se empleó abono de naturaleza orgánica. En el contexto de la presente invención, productos de síntesis química son productos sintetizados en laboratorio que alteran/modifican el desarrollo natural de plantas y animales para optimizar producción, tales como pesticidas, herbicidas, o fertilizantes.  
 10 También, se entiende por abono de naturaleza orgánica la mezcla de materiales que se obtienen de la degradación y mineralización de residuos orgánicos de origen animal (por ejemplo, estiércoles), vegetal (por ejemplo, restos de cosechas) y restos leñosos e industriales (por ejemplo, lodos de estaciones depuradoras de aguas residuales), que presenta los nutrientes en forma mineral. Los abonos orgánicos han demostrado tener  
 15 un efecto positivo sobre la materia orgánica de los suelos<sup>2</sup>, al lograr en estos un mayor contenido de materia orgánica, nitrógeno total y macronutrientes<sup>3,4</sup>. Un abono de naturaleza orgánica según la legislación española tiene un contenido mínimo de 30% materia orgánica<sup>5</sup>.

20 De esta forma, la presente invención describe un pellet ecológico mixto que comprende un residuo agrario herbáceo y biomasa lignocelulósica procedente de un cultivo sobre el cual no han sido aplicados productos de síntesis química, sino que utilizó un abono de naturaleza orgánica, en una proporción en masa de residuo agrario herbáceo: biomasa lignocelulósica entre 85:15 y 75:25, preferiblemente 80:20. El pellet ecológico  
 25 mixto de la presente invención es de alta calidad y condiciones físicas, geométricas y térmicas adecuadas para su uso como combustible en sistemas de generación térmica y agua caliente sanitaria. Particularmente, es de resaltar que, frente a lo existente, el pellet ecológico mixto de la presente invención tiene mejores propiedades energéticas asociadas con un mayor poder calorífico.

30 El pellet ecológico mixto se realiza mediante un procedimiento caracterizado porque comprende introducir en una peletizadora una mezcla de astillas de una biomasa lignocelulósica y residuo agrario herbáceo molidos, en el que en dicha peletizadora se mantiene una humedad entre 15 y 25%.

35

De manera particular, la biomasa lignocelulósica es seleccionada de tal forma que proviene de un cultivo que utilizó únicamente abono de naturaleza orgánica y no ha estado en contacto con productos de síntesis química.

- 5 También, la mezcla de residuo agrario herbáceo y biomasa lignocelulósica molidos tiene una proporción en peso de mezcla de residuo agrario herbáceo: biomasa lignocelulósica de entre 85:15 y 75:25.

10 En una modalidad de la invención, los pellets ecológicos mixtos se obtienen mediante un procedimiento caracterizado por las etapas de:

- seleccionar el residuo agrario herbáceo y la biomasa lignocelulósica;
- moler el residuo agrario herbáceo;
- reducir la biomasa lignocelulósica a astillas y, seguidamente, moler las astillas;
- mezclar el material molido de residuo agrario herbáceo y la biomasa lignocelulósica, opcionalmente con una proporción en peso de mezcla residuo agrario herbáceo: biomasa lignocelulósica de entre 85:15 y 75:25, preferiblemente 80:20;
- introducir la mezcla del paso anterior en una peletizadora, en donde en la peletizadora se mantiene una humedad entre 15 y 25%, preferiblemente 18%, por adición de agua por aspersión en la matriz de dicha peletizadora.

20

El residuo agrario herbáceo, comúnmente en pacas, se muele para obtener un tamaño de partícula por encima de 0 y menor de aproximadamente 1,5 cm. Por su parte, la biomasa lignocelulósica es reducida a astillas, típicamente con un tamaño entre 0,5 y 3 cm, y dichas astillas se muelen para obtener un tamaño de partícula por encima de 0 y menor de aproximadamente 2,2 cm.

25

Opcionalmente, el residuo agrario herbáceo es paja de cereal y la biomasa lignocelulósica es madera, como por ejemplo madera de chopo cuya producción no involucró ningún producto de síntesis química.

30

La etapa de molienda del residuo agrario herbáceo se puede realizar en cualquier equipo de molienda, opcionalmente una picadora rotatoria, con varias secuencias hasta obtener el tamaño de partícula deseado. La reducción de la biomasa lignocelulósica, comúnmente en paca, a astillas se realiza mediante una astilladora convencional con potencia entre 25 a 30 HP (18,64 a 22,37kW). La molienda de las astillas se puede

35

realizar en cualquier equipo de molienda, opcionalmente un molino de martillos. La peletizadora puede ser cualquier peletizadora, preferiblemente una peletizadora de matriz plana con rodillos.

- 5 Opcionalmente, los pellets obtenidos en la peletizadora se criban con una criba convencional con tamaño de poro de aproximadamente 0.5 cm. También, luego de cribado, se dejan enfriar y se deposita en sacos.

10 El pellet ecológico mixto tiene una forma cilíndrica con longitud media de aproximadamente 2 a aproximadamente 3 cm y un diámetro de aproximadamente 0,5 a aproximadamente 0,7 cm, una durabilidad de al menos 91%, medida según la norma UNE-EN ISO 17831-1, una densidad real entre 1000 y 1040 kg/m<sup>3</sup> y una densidad aparente entre 450 y 540 kg/m<sup>3</sup>. Estas características permiten la utilización del material en sistemas convencionales de manejo de sólidos, entre los que se incluyen cintas  
15 transportadoras, cangilones, transportadoras neumáticas, volcado, palado, entre otros.

También, el pellet ecológico mixto presenta una energía por unidad de masa (poder calórico) mayor a 18 MJ/kg, preferiblemente entre 18 y 20 MJ/kg, y un contenido de cenizas que no excede el 5% en peso, preferiblemente entre 4 y 5% en peso. Estas  
20 características determinan la calidad térmica del material y lo potencializan y diferencian para su uso como combustible. Además, al registrar los datos de pérdida experimentada por el pellet cuando este se somete a calentamiento progresivo bajo atmosfera reactiva en caldera, se obtienen perfiles termogravimétricos en el material que confirman su viabilidad como combustible.

25

De esta forma, el procedimiento de elaboración descrito en la presente solicitud permite obtener un pellet ecológico mixto que, por un lado, se obtiene a un menor precio en comparación con otros biocombustibles biomásicos, y, además, mejora la valorización de residuos de otros procesos: el residuo agrario herbáceo y abono de naturaleza  
30 orgánica obtenido de la degradación y mineralización de residuos orgánicos. El residuo agrario herbáceo se utiliza directamente para la elaboración del material combustible en forma de pellets de la presente invención (algo que antes no se había logrado), mientras que el abono de naturaleza orgánica es utilizado como fertilizante (abaratando costes) en la obtención de la biomasa lignocelulósica que se mezcla con el residuo agrario  
35 herbáceo.

Además, el pellet ecológico mixto de la presente invención, al ser elaborado con biomasa lignocelulósica proveniente de un cultivo sin abonados químicos ni aplicación de herbicidas o pesticidas, y contener altas proporciones de un residuo agrario herbáceo, logra una reducción en las emisiones de dióxido de carbono a la atmósfera durante su procedimiento de elaboración, en comparación con otros procedimientos convencionales.

Adicionalmente, el pellet ecológico mixto de la presente invención presenta un poder calorífico medio que es superior a los valores que reportan otros pellets convencionales, de tal forma que puede ser utilizado eficientemente como combustible.

## DESCRIPCIÓN DE LAS FIGURAS

**Figura 1.** Diagrama de flujo del proceso de una realización ejemplar de la presente invención.

**Figura 2.** Perfiles termogravimétricos de pellets ecológicos fabricados con los clones UNAL, I-214, AF2 y AF8 de madera de chopo.

20

## EJEMPLOS

Los ejemplos indicados en la presente memoria tienen como objetivo ilustrar la invención, sin limitar por ello su alcance.

25

### Ejemplo 1:

Paja de cereal (*Triticum aestivum*) sin moler, en pacas, fue obtenida de cultivo de cereal. Posteriormente, la paja fue molida en picadora rotatoria. Se realizaron varias secuencias de picado para que el tamaño de partícula fuera el menor posible (no mayor a aproximadamente 1,5 cm de longitud).

30

Por su parte, se obtuvo residuo de madera de chopo talada proveniente de un cultivo en el que no se utilizó ningún tipo de pesticidas, herbicidas, fertilizantes, sino que fue fertilizado con lodo procedente de estación depuradora de aguas residuales. Las características del lodo se detallan en la tabla 1. La madera de chopo fue seleccionada

35

debido a sus ventajas con relación a otras especies, entre estas, el alto poder energético y calidad como combustible, altas producciones de biomasa en peso seco, rápido crecimiento, y gran adaptabilidad a diferentes zonas.

5 Tabla 1. Características de lodo utilizado como abono en cultivo de madera de chopo.

Parámetro	Valor
Materia seca (%)	92,0
pH	7,5
Conductividad (mS/cm)	1,72
Materia orgánica (%)	37,5
Nitrógeno total (%)	3,2
Relación C/N	7,0
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> - N (mg/kg) <sup>a</sup>	896,56
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> - N (mg/kg) <sup>a</sup>	314,71
Fósforo (mg/kg) <sup>a</sup>	31,1
Calcio (mg/kg) <sup>a</sup>	45,8
Magnesio (mg/kg) <sup>a</sup>	6,1
Potasio (mg/kg) <sup>a</sup>	3,2
Sodio (mg/kg) <sup>a</sup>	8,52

<sup>a</sup> Datos en base seca

10 Se obtuvieron distintas muestras de madera residual de chopo que correspondían a 4 clones de la especie (UNAL, I-214, AF2 y AF8). Las muestras de madera residual de chopo talada fueron reducidas a astillas y posteriormente fueron molidas separadamente en un molino de martillos hasta obtener un tamaño de partícula no mayor a 2,2 cm.

15 Alrededor de 10 kg de paja de cereal fue mezclada con alrededor 2,5 kg de muestra de madera de chopo. Luego, se introdujo la mezcla homogénea en una peletizadora de matriz plana con las características descritas en la tabla 2.

Tabla 2. Especificaciones de peletizadora empleada

	Especificaciones técnicas	Medida
Generales	Largo (mm)	980

5

	Ancho (mm)	630
	Altura (mm)	1325
	Peso neto (kg)	200
	Potencia (hp)	10
	Capacidad de salida (kg/h)	60-90
Rodillos	Ancho (mm)	35
	Diámetro (mm)	120
Matriz	Longitud canal (mm)	40
	Diámetro orificio (mm)	12-15

10

Una de las principales limitaciones que se encontraron para conseguir estabilidad en el material densificado generado fue garantizar el punto exacto de humedad de la mezcla en la matriz de la peletizadora. Así, la humedad de la mezcla fue mantenida mediante aspersión de agua en valores alrededor de 18%.

15

Una vez conseguida la fabricación del pellet en la peletizadora se procede al cribado del mismo mediante criba manual. Se dejan enfriar los pellets y se deposita en sacos.

20

En la siguiente tabla 3 se presentan las principales características geométricas y físicas de los pellets ecológicos fabricados. Estas características son importantes para poder determinar la calidad del pellet y su potencialidad de uso en sistemas convencionales de manejo de los mismos. De igual forma, en la tabla 3 también se incluyen los valores de poder calorífico de cada uno (energía proporcionada por unidad de masa) así como el contenido en cenizas (material incombustible no deseable).

25

Tabla 3. Características físicas y físico-químicas de los pellets ecológicos fabricados

<b>Especificaciones</b>		<b>UNAL</b>	<b>I-214</b>	<b>AF-2</b>	<b>AF-8</b>
Técnicas	Longitud (mm)	2,91	3,02	2,88	2,92
	Diámetro (mm)	0,65	0,66	0,67	0,65
	Densidad real (kg/m <sup>3</sup> )	1105,04	1075,29	963,11	1146,46
	Densidad aparente (kg/m <sup>3</sup> )	521,43	510,80	480,45	496,43
	Durabilidad (%)	89,88	97,38	96,25	97,58
Analíticas	Poder calorífico	18,94	19,01	18,86	18,92

	superior (MJ/kg)				
	Cenizas (%)	4,45	3,21	4,49	4,08

Los valores de porcentaje de cenizas y poder calorífico de los pellets ecológicos mixtos fabricados están dentro de los niveles aceptables para el uso doméstico.

5 Adicionalmente, se sometieron los pellets a calentamiento progresivo bajo atmósfera reactiva en caldera y se registraron los datos de pérdida de masa experimentada por el pellet que se introduce en el horno, obteniendo así los perfiles termogravimétricos de la figura 2. Estos perfiles confirman la viabilidad como combustible de los pellets ecológicos mixtos obtenidos mediante el procedimiento de la presente invención.

10

## BIBLIOGRAFÍA

1. Meadowcroft J. 2009. "What about the politics? Sustainable development, transition management, and long term energy transitions". *Policy Sciences*, 42, 323.
- 15 2. Adegbidi HG, Briggs RD, Volk TA, White EH, Abrahamson LP. 2003. "Effect of organic amendments and slow-release nitrogen fertilizer on willow biomass production and soil chemical characteristics" *Biomass and Bioenergy* 25, 389-398.
3. Bulluck LR, Brosius M, Evanylo GK, Ristaino JB. 2002. "Organic and synthetic amendments influence soil microbial, physical and chemical properties on organic and conventional farms". *Applied Soil Ecology* 19,147–160.
- 20 4. Edmeades DC. .2003. "The long-term effects of manures and fertilisers on soil productivity and quality: A review" *Nutrient Cycling in Agroecosystems* 66,165–180.
5. Real Decreto 506/2013, de 28 de junio, sobre productos fertilizantes, publicado el 10 de julio de 2013 en Boletín Oficial del Estado 164, 51119 a 51207.

25

30

## REIVINDICACIONES

1. Pellet ecológico mixto caracterizado porque comprende:
  - un residuo agrario herbáceo; y
  - 5 - biomasa lignocelulósica procedente de un cultivo sobre el cual se utilizó únicamente abono de naturaleza orgánica y que no estuvo en contacto con algún tipo de producto de síntesis química;en donde el residuo agrario herbáceo y la biomasa lignocelulósica están en proporciones en masa de entre 85:15 y 75:25.
- 10 2. El pellet según la reivindicación 1, caracterizado porque presenta una energía por unidad de masa (poder calórico) mayor a 18 MJ/kg.
3. El pellet según la reivindicación 1 o 2, caracterizado porque tiene un contenido de  
15 cenizas que no excede el 5% en peso.
4. El pellet según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 3, caracterizado porque el residuo agrario herbáceo es paja de cereal.
- 20 5. El pellet según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 4, caracterizado porque la biomasa lignocelulósica es madera.
6. El pellet según la reivindicación 5, caracterizado porque la madera es madera de  
25 chopo.
7. El pellet según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 6, caracterizado porque el residuo agrario herbáceo y la biomasa lignocelulósica están en proporciones en masa de 80:20.
- 30 8. Un procedimiento de elaboración de un pellet ecológico mixto de cualquiera de las reivindicaciones 1 a 7, caracterizado porque comprende introducir en una peletizadora una mezcla de astillas de una biomasa lignocelulósica y residuo agrario herbáceo molidos, en el que en dicha peletizadora se mantiene una humedad entre 15 y 25%.
- 35 9. Procedimiento según la reivindicación 8, caracterizado porque la biomasa

lignocelulósica es seleccionada de tal forma que proviene de un cultivo en el que se utilizó únicamente abono de naturaleza orgánica.

10. Procedimiento según la reivindicación 9, caracterizado porque el abono de  
5 naturaleza orgánica es lodo de estaciones depuradoras de aguas residuales.

12. Uso del pellet ecológico mixto según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 7 como combustible.

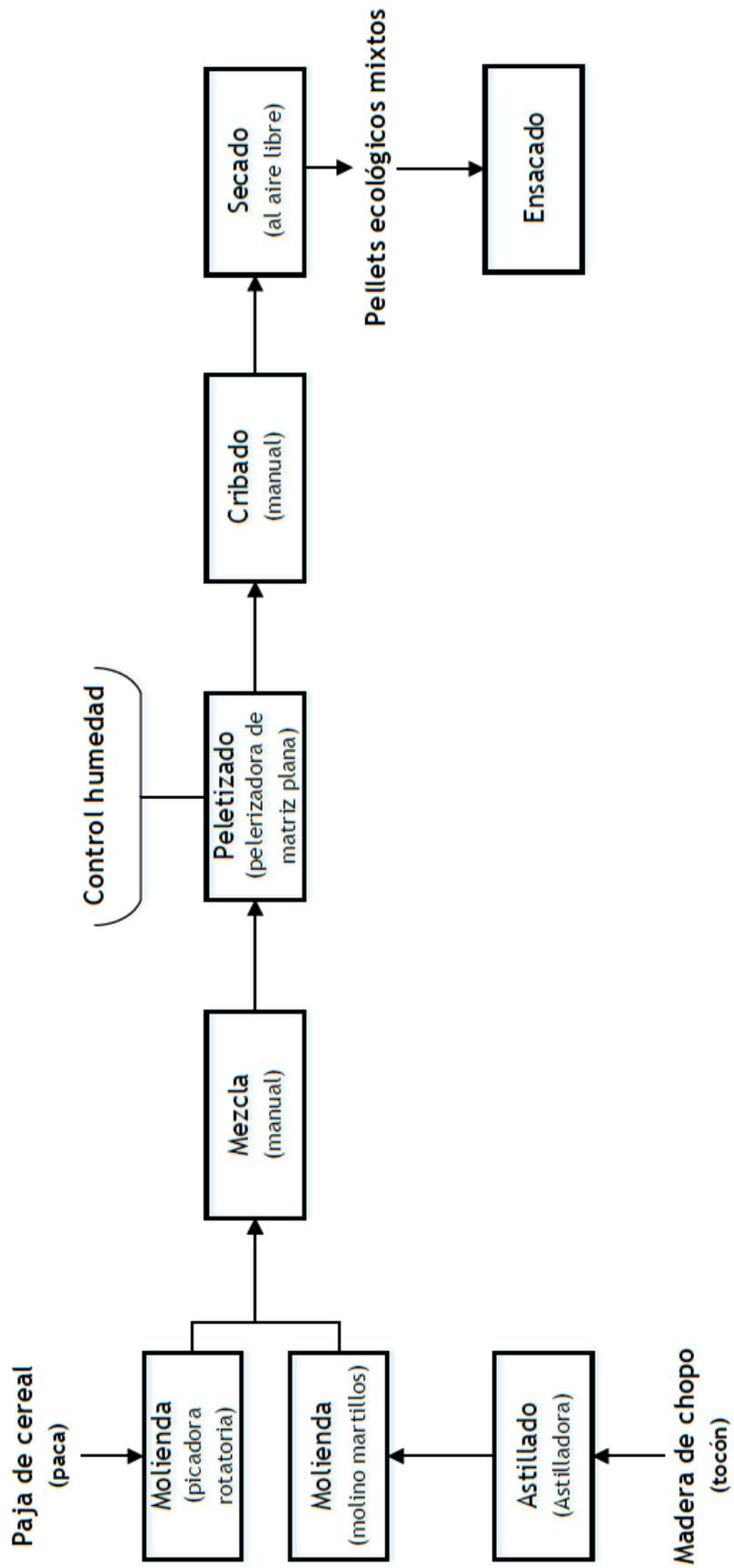


Figura 1.

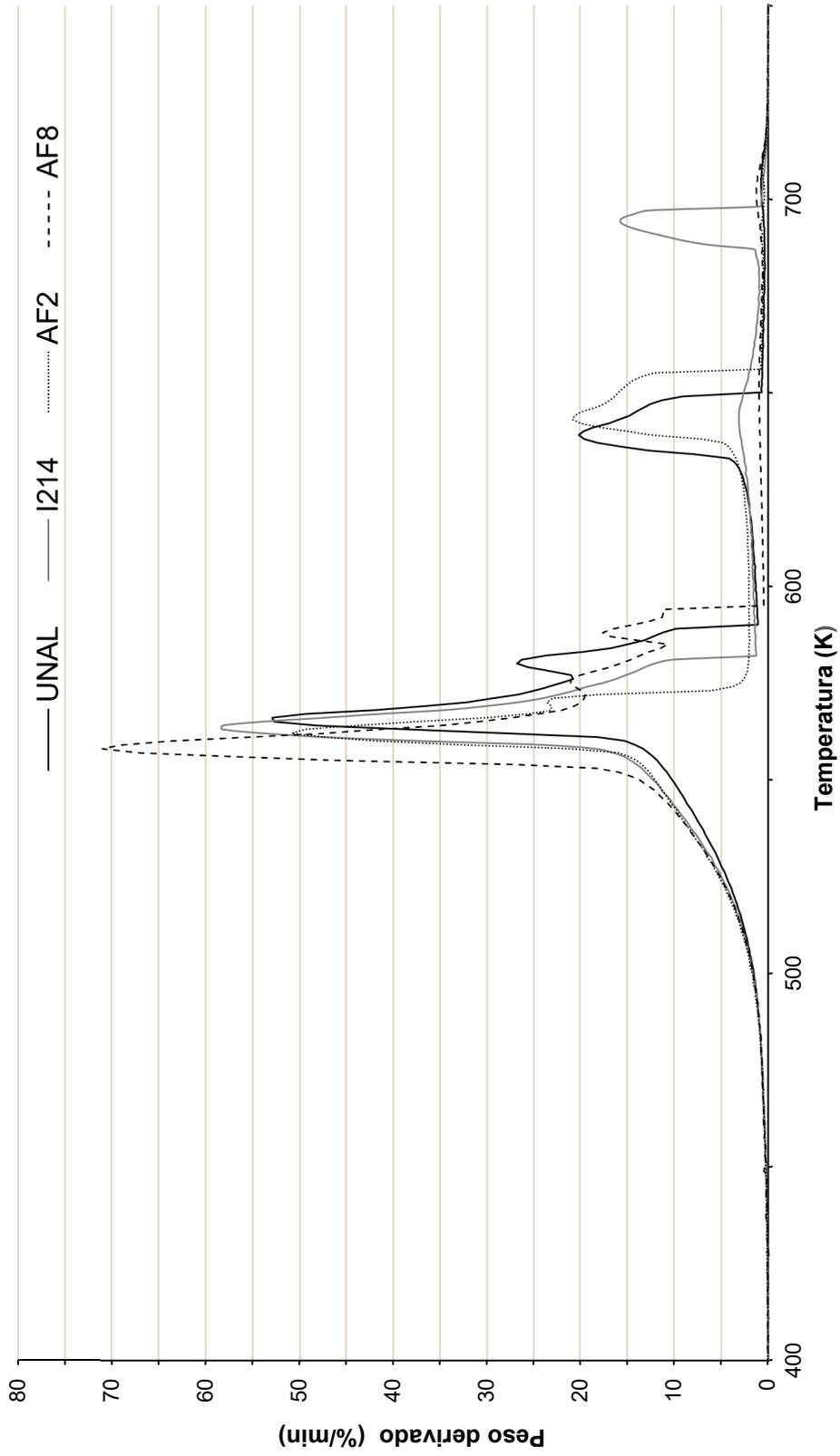


Figura 2.



- ②<sup>1</sup> N.º solicitud: 201830823  
 ②<sup>2</sup> Fecha de presentación de la solicitud: 10.08.2018  
 ③<sup>2</sup> Fecha de prioridad:

INFORME SOBRE EL ESTADO DE LA TECNICA

⑤<sup>1</sup> Int. Cl.: **C10L5/44** (2006.01)

DOCUMENTOS RELEVANTES

Categoría	⑤ <sup>6</sup> Documentos citados	Reivindicaciones afectadas
X	SCHMITT VERENA E M et al. Effect of straw proportion and Ca- and Al-containing additives on ash composition and sintering of wood-straw pellets. Fuel, 20130322 IPC SCIENCE AND TECHNOLOGY PRESS, GUILDFORD, GB. Borrego Angeles G; Patrick John W, 22/03/2013, Vol. 109, Páginas 551 - 558 [en línea][recuperado el 19/12/2018]. , ISSN 0016-2361, <DOI: doi:10.1016/j.fuel.2013.02.064>	1-12
A	CN 107513445 A (SUZHOU HUITENG RENEWABLE RESOURCES UTILIZATION CO LTD) 26/12/2017, (resumen)	1-12
A	CN 107446644 A (YUNNAN FULUN WOOD IND CO LTD) 08/12/2017, (resumen)	1-12
A	US 2013207296 A1 (ETIENNE FRANK) 15/08/2013, reivindicación 1, reivindicación 7.	1-12
A	EP 2749628 A1 (EUROP DE BIOMASSE) 02/07/2014, reivindicación 1.	1-12

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:

<p><b>Fecha de realización del informe</b> 26.12.2018</p>	<p><b>Examinador</b> B. Aragón Urueña</p>	<p><b>Página</b> 1/2</p>
---	---	------------------------------

Documentación mínima buscada (sistema de clasificación seguido de los símbolos de clasificación)

C10L

Bases de datos electrónicas consultadas durante la búsqueda (nombre de la base de datos y, si es posible, términos de búsqueda utilizados)

INVENES, EPODOC, WPI, XPESP