

Señor  
**DIRECTOR DIVISIÓN DE NUEVAS CREACIONES**  
**SUPERINTENDENCIA DE INDUSTRIA Y COMERCIO**  
E. S. D.

REF: Expediente No. **15-304.594**, solicitud de patente de invención a favor de **CLEAN COAL TECHNOLOGIES, INC.** Título: **UN CARBÓN TRATADO AL QUE SE LE HA ELIMINADO LA HUMEDAD Y EL MATERIAL VOLÁTIL Y UN PROCESO PARA PRODUCIR UN CARBÓN TRATADO.**

### **RESPUESTA A EXAMEN DE FONDO**

**JUAN PABLO CADENA SARMIENTO**, portador de la tarjeta profesional No. 57.492 del C.S.J., obrando como apoderado de la sociedad solicitante me permito dar respuesta al Oficio No. 5966 relacionado con la patentabilidad de la presente invención y notificado el 27 de abril de 2017.

#### **Reivindicaciones**

Inicialmente me permito indicar que, en concordancia con el examinador, las reivindicaciones 1, 3 y 5, contienen características funcionales, las cuales le proporcionan claridad al proceso reclamado en éstas y que la solicitante entiende que dichas características no proporcionan novedad ni nivel inventivo. Adicionalmente, me permito señalar que la reivindicación independiente (reivindicación 1) incluye todas las características esenciales que definen el proceso reclamado, es decir, la secuencia de etapas técnicas que lo caracterizan.

Ahora bien, de manera respetuosa me permito disentir de la objeción del examinador sobre las reivindicaciones 1, 6 y 7, puesto que los términos objetados no corresponden a términos muy amplios o imprecisos. En este sentido, la reivindicación 1 incluye el término “secar”, el cual puede ser entendido por una persona versada en la materia y más, porque esta reivindicación indica que el secado se realiza para remover la humedad de manera que el carbón se componga esencialmente de carbono e hidrógeno, por lo cual se entiende que el secado se realiza para dejar el carbón libre de agua.

La reivindicación 1 también incluye el término “volátiles”, el cual, reiteramos, corresponde es un término bastante conocido en el campo técnico. Resulta bastante difícil sustituir este término por uno más preciso, como indica el examinador, puesto que, como un versado en la materia sabría, existen diferentes modalidades del carbón, y así mismo su contenido en carbón fijo y volátiles. Además, en vista de la presente invención y entendiendo su concepto base, se prepara el carbón para dejarlo libre de volátiles, sin importar de cual se trate, por lo que, un versado en la materia no tendría interés en conocer en detalle cuál de éstos va a ser eliminado, porque éstos no se utilizan durante el proceso, adicionalmente porque el versado en la materia también entendería que tras una etapa de calentamiento, lo más seguro es que el carbón quede libre de ellos.

También, me permito indicar que las anteriores reivindicaciones 6 – 7 han sido canceladas del pliego reivindicatorio, presentando así unas nuevas reivindicaciones 6 y 7, que tratan de etapas adicionales del proceso reclamado o de características particulares. Al respecto, cabe resaltar que éstas nuevas reivindicaciones soportadas en la descripción, como exponemos a continuación

*“(...) Pristine-SA compactado con biomasa torrefacta tal como, por ejemplo, madera torrefacta u otra fuente de energía neutra/carbono renovable, sujeta a torrefacción, y es más densa en energía que la madera y casi tan densa como el carbón, para generar un producto compactado (briqueta). Aunque este producto compactado puede sostener su propia combustión, es diferente de los productos de procesos previos en que exhibe emisiones reducidas de dióxido de carbono, debido al uso de biomasa la cual tiene cero emisiones de dióxido de carbono. (...)”*

(Descripción, párrafo [0023]).

Así, la nueva reivindicación 6 que hace referencia a que el carbón tratado se compacta con biomasa para producir un producto compacto, se define claramente en el anterior extracto, para lo cual me permito indicar que el término “*biomasa*” puede ser entendido claramente en vista del conocimiento previo de un versado en la materia, y aún más, en vista de la presente divulgación, pues, como se evidencia en el párrafo [0023], se indica que esta biomasa puede ser madera torrefacta u otra fuente de energía neutra/carbono renovable, por lo que además es totalmente clara.

Por otra parte, la nueva reivindicación 7 no contiene términos como “*secar*”, “*volátiles*” o “*biomasa torrefacta*” y en nuestro punto de vista, es completamente clara.

Ahora bien, de manera respetuosa me permito disentir de la objeción sobre las reivindicaciones 3 a 5, puesto que las expresiones que éstas incluyen no hacen referencia a un uso, sino que corresponden a características funcionales que proporcionan mayor claridad al proceso reclamado. Específicamente, la reivindicación 3 incluye la expresión “*calentar el carbón tratado en una corriente de gas natural, junto con el carbón tratado, para sostener una combustión estable en una caldera industrialmente existente, configurada para quemar carbones bituminosos*”, la cual indica la etapa de calentar el carbón resultado de la etapa definida en la reivindicación 1 de manera que la combustión sea estable, lo que no corresponde a un uso, sino a una característica funcional de la corriente de gas natural, que permite que el proceso se lleve a cabo de esta manera.

La reivindicación 4 incluye la expresión “*la corriente de gas natural se introduce en la misma dirección de flujo que el carbón tratado*”, la cual corresponde a una característica del proceso, en la que se describe la manera en la que se transfiere el gas natural durante el proceso reclamado, en ningún caso hace referencia a un uso.

La reivindicación 5 incluye la frase “*que quema los dos combustibles separadamente o al mismo tiempo*”, la cual no se refiere a un uso, sino a una característica funcional de la caldera, pues se define que tiene la posibilidad de quemar los combustibles por separado o juntos, más no al uso que se le puede dar a los combustibles ni a la caldera o al producto obtenido durante el proceso.

Por último, me permito resaltar que, en vista de las modificaciones realizadas sobre las reivindicaciones 6 y 7, se consideran superadas las objeciones relacionadas a éstas, puesto que no tratan de un producto sino de una caracterización del procedimiento reclamado.

## Descripción

Respecto a la objeción sobre la descripción de la invención, me permito anexar la modificación a este, de manera que las unidades de temperatura se expresan en °C acorde al Sistema Internacional de Unidades y al artículo 28 de la Decisión 486.

## Novedad

Como primera medida, me permito indicar que la materia de la reivindicación 3 que no fue objetada por novedad ha sido incluida en la reivindicación 1. Por lo tanto, damos por superada la objeción en cuestión. No obstante, dicha restricción, deseamos exponer los siguientes argumentos.

Con el fin de proporcionar mayor claridad acerca de la novedad de la presente invención me permito resaltar que, antes de la presentación de esta invención, los procesos de tratamiento de carbón no estaban diseñados para eliminar toda la materia volátil, sino que éstos, mantenían una pequeña porción de volátiles para asegurar un quemado estable del producto tratado en calderas de carbón. Adicionalmente, la presente invención trata de la capacidad para mejorar los carbones de baja calidad y de impartirles algunas de las características principales del carbón antracita de calidad superior, además de proporcionar una solución al problema de la estabilidad del quemado.

Ahora bien, me permito señalar que existen muchas diferencias entre las características esenciales del proceso reclamado en la reivindicación 1 y las divulgaciones de los documentos D4 y D5. Una de ellas corresponde a la etapa o etapas de calentamiento, al respecto, la descripción de la presente solicitud indica que:

*“La presente invención difiere de los métodos existentes para eliminar materias volátiles del carbón (incluyendo procesos de coquización) usando un proceso de calentamiento multi-etapa, típicamente un proceso de dos etapas, para descomponer y extraer toda la humedad y las materias volátiles derivadas del carbón en forma de gases. El proceso de calentamiento emplea temperaturas en el intervalo de 482-1.371°C. Estas temperaturas son más elevadas que las encontradas en los procesos comunes, los cuales eliminan humedad y volátiles del carbón. En la primera etapa la temperatura se eleva a un valor en el intervalo de 482-816°C y, en la segunda etapa, la temperatura se aumenta aún más a un valor entre 816 y 1.371°C.*

*(...) El tiempo durante el cual el carbón se somete a las condiciones de temperatura escalonada (los tiempos de residencia) es más largo que en los procesos previos. Por consiguiente, el presente proceso de Pristine-SA requiere tiempos de residencia que varían entre 15-45 minutos para remover la totalidad de las materias volátiles en el carbón. Normalmente, el tiempo de residencia para la primera etapa es del orden de 15-20 minutos y el tiempo de residencia para la segunda etapa es adicionalmente de 20-25 minutos.”*

(Descripción, párrafos [0019] y [0020])

Entonces, a pesar de que los procesos de la presente invención, del documento D4 y del documento D5 son de calentamiento multi-etapa y los rangos de temperatura pueden ser similares, las condiciones para que esta etapa se lleve a cabo son diferentes, pues

encontramos que el documento D4 divulga que la presión a utilizarse en el calentamiento es de 1000 psi, el documento D5 indica que debe realizarse en atmósfera inerte, mientras que la presente invención indica que el proceso se realiza en condiciones atmosféricas, características que hacen diferentes cada uno de los procesos.

En adición, como se indica en el extracto anterior, el tiempo de residencia durante el calentamiento es mayor en la presente invención comparado con los procesos de los documentos D4 y D5, la presente invención requiere de tiempos de entre 15 y 45 minutos, mientras que los documentos D4 y D5 mencionan que las etapas de calentamiento van entre 2 minutos y máximo 5 minutos en cada etapa. Visto de esta manera, es evidente que este tiempo de calentamiento es esencial para cada uno de los procesos, lo cual hace diferente y novedosa la presente invención.

Además, otra diferencia entre la invención de la presente solicitud y el arte previo citado, es que en la primera no se indica que deba reducirse la presión o que el proceso requiera de una etapa de enfriamiento, sino que se refiere a una etapa de secado, el cual no necesariamente requiere de enfriamiento, como sí se indica en los documentos D4 y D5.

Como se mencionó anteriormente, una gran diferencia entre el proceso que aquí se reclama y los procesos divulgados por el arte previo consiste en que estos últimos no mencionaban que el porcentaje (%) de volátiles y de humedad son completamente retirados del carbón, específicamente el documento D4 indica que el producto final tiene un porcentaje de carbono de 81,4% y de hidrógeno de 0,57%, para un total de aproximadamente 82% de estos elementos, lo que indica que aproximadamente el 18% consiste de impurezas entre las cuales puede estar humedad y otros volátiles.

Por su parte, el documento D5 indica que en la primera etapa de calentamiento la humedad es de alrededor del 2% y la reducción en masa de carbón es del 50%, en la segunda y tercera etapa la humedad es <2% y los volátiles se encuentran entre 15 y 25%.

De acuerdo a lo anterior, es claro que la diferencia en los procesos de cada uno de los documentos hace que se obtenga un producto con diferentes características, lo que es evidencia la novedad de la presente invención.

Por último, me permito señalar que debido al cambio en las reivindicaciones 6 y 7, la objeción por falta de novedad se considera superada, resaltando que éstas ahora dependen de la reivindicación 1 y por esto, pueden ser consideradas novedosas, en vista de los anteriores argumentos.

### **Nivel inventivo**

De manera respetuosa, me permito expresar nuestro desacuerdo con la objeción relacionada con el nivel inventivo de la presente invención, puesto que, el arte previo citado no sugiere el procedimiento tal como se reclama, es decir, en donde el carbón primero se trata para producir el carbón tratado que consiste esencialmente de hidrógeno y carbono y después combustionar el carbón tratado en presencia de un gas combustible como el gas natural.

Ahora bien, me permito señalar que la objeción se realizó sobre la reivindicación 3, la cual ahora fue incluida como una etapa adicional en la reivindicación 1 y para la que consideramos que existe nivel inventivo, puesto que los documentos D4 y D2 no sugieren la manera de llegar a la presente invención de manera individual ni en combinación, como explicaremos a continuación.

El documento D4 se relaciona con un proceso para mejorar carbón tipo lignítico incluyendo carbón marrón, lignito y carbones sub-bituminosos para conferirles mayor capacidad como combustible sólido por medio de la producción de un producto carbonoso mejorado el cual es estable, resistente al desgaste y de un valor incrementado de temperatura, con bajo contenido en sulfuro y ceniza que cumple los estándares EPA. Este documento se basa en la recuperación y conversión de finos bituminosos y materiales celulósicos para mejorar productos de carbón. El proceso se lleva a cabo mediante el calentamiento de los finos bituminosos y los materiales celulósicos a las temperaturas anteriormente nombradas y a presión de al menos 1000 psi y en un tiempo controlado para poder convertir la humedad y una porción de constituyentes orgánicos en una fase gaseosa y una reestructuración térmica del material de alimentación en un producto sólido de coque. Por lo cual, no existe alguna sugerencia en el documento D4 de que se produzca un carbón tratado, inicialmente, el cual consiste esencialmente de carbón e hidrógeno y después, combustionarlo en un gas combustible, como indica la presente solicitud.

Por otra parte, el documento D2 se relaciona con hornos de carbón pulverizado y en particular, a una manera de introducir una mezcla del carbón pulverizado/aire en un horno de carbón para estabilizar las llamas de carbón a tiempos de carga bajos. Por esto, no existe ninguna sugerencia en el documento D2 en la que se produzca un carbón tratado, inicialmente, el cual consiste esencialmente de carbón e hidrógeno y después, combustionarlo en un gas combustible, como indica la presente solicitud.

Adicionalmente, los documentos D4 y D2 no habrían sido combinados por un versado en la materia, porque estos se dirigen a resolver diferentes problemas técnicos y ofrecen diferentes soluciones técnicas. Mientras que el documento D4 trata del problema de la conversión de finos bituminosos y materiales celulósicos, como se indicó anteriormente y sugiere como solución un proceso con alta temperatura y presión para producir productos sólidos de coque, el documento D2, por otra parte, se basa en la estabilización de las llamas de carbón en hornos de carbón pulverizados y sugiere una solución de una manera particular para introducir la mezcla de aire-carbón pulverizado como se mencionó en el párrafo anterior. Las corrientes divididas de carbón pulverizado/aire son dirigidas independientemente dentro del horno en una relación angular en sentido opuesto de cada una y así establecer una bolsa estabilizadora de la ignición en la zona localmente de baja presión creada entre las corrientes separadas de carbón y aire.

También, es importante resaltar que la introducción de las corrientes en el caso del documento D2 se realiza en sentido opuesto y su propósito es proporcionar energía de ignición adicional mientras que, en la presente invención, la etapa de introducción de las corrientes no es necesaria en sentido opuesto y su propósito es para que la combustión sea estable y no para proporcionar energía de ignición adicional. Por este motivo, para un versado en la materia no resultaría obvio incluir la etapa de introducción de corrientes mencionado en el documento D2 en el proceso del documento D4 para llegar a una combustión estable de la materia. Además, porque la materia a ser combustionada es diferente en cada caso, por lo que el versado en el arte no esperaría con éxito que este efecto se lograra en cualquier tipo de materia.

Cabe resaltar que las ventajas de la presente invención no consisten tan sólo en la mejora de la calidad de carbones de bajo rango, puesto que además ésta disminuye la emisión de impurezas no deseadas, por lo que las emisiones son más limpias en comparación con la combustión de carbón bituminoso y sub-bituminoso no tratado. Asimismo, tiene la ventaja de que el lavado de las emisiones puede eliminarse mediante el uso del carbón tratado de la invención debido a su contenido casi nulo de materiales que producen las emisiones no deseadas. Además, los subproductos de hidrocarburos del proceso son un factor importante, que influyen positivamente en la viabilidad económica del proceso. La eliminación de la humedad del carbón de alimentación eleva el CV del carbón, haciéndolo un combustible más eficiente que el carbón sin tratar.

En vista de lo anteriormente expuesto, respetuosamente solicito el retiro de las objeciones de la presente solicitud y la concesión del privilegio solicitado, ya que en opinión del solicitante cumple con todos los requisitos establecidos en la Decisión 486.

#### **Anexos**

- Nuevo pliego reivindicatorio.
- Descripción.

Atentamente,

**JUAN PABLO CADENA SARMIENTO**

T.P. No. 57.492 del C.S.J.  
C.C. 80.410.337 de Usaquén  
Calle 70 A No. 4 – 41

## REIVINDICACIONES

1. Un proceso de combustión de carbón, el cual que comprende los pasos de:  
  
calentar el carbón a una temperatura entre 482 y 1372 °C para eliminar los volátiles;  
  
secar el producto para remover humedad y así producir un carbón tratado, que se compone esencialmente de carbono e hidrógeno; y  
  
hacer combustión del carbón tratado en una corriente de un gas combustible para sostener un quemado estable.
2. El proceso de acuerdo con la reivindicación 1, en donde el proceso se lleva a cabo en una primera etapa en donde el carbón es calentado a una temperatura en el rango entre 482 y 816 °C y en una segunda etapa en donde el carbón es calentado a una temperatura en el rango entre 816 y 1372 °C.
3. El proceso de la reivindicación 1 en donde el gas combustible es gas natural y la combustión se lleva a cabo en una caldera industrial existente, configurada para quemar carbones bituminosos.
4. El proceso de la reivindicación 3 en donde la corriente de gas natural se introduce en la misma dirección de flujo que el carbón tratado.
5. El proceso de la reivindicación 3, en donde el calentamiento se lleva a cabo en una caldera de ciclo combinado o una caldera multi-combustible, que quema los dos combustibles separadamente o al mismo tiempo.
6. El proceso de la reivindicación 1 en donde el carbón tratado se compacta con biomasa para producir un producto compacto previo a la combustión con el gas combustible.
7. El proceso de la reivindicación 1 en donde el producto compacto está en forma de una briqueta.

## REIVINDICACIONES

1. Un proceso de combustión de carbón, el cual que comprende los pasos de:  
  
calentar el carbón a una temperatura entre 482 y 1372 °C para eliminar los volátiles;  
  
secar el producto para remover humedad y así producir un carbón tratado, que se compone esencialmente de carbono e hidrógeno; y  
  
hacer combustión del carbón tratado en una corriente de un gas combustible para sostener un quemado estable.
2. El proceso de acuerdo con la reivindicación 1, en donde el proceso se lleva a cabo en una primera etapa en donde el carbón es calentado a una temperatura en el rango entre 482 y 816 °C y en una segunda etapa en donde el carbón es calentado a una temperatura en el rango entre 816 y 1372 °C.
3. El proceso de la reivindicación 1 en donde el gas combustible es gas natural y la combustión se lleva a cabo en una caldera industrial existente, configurada para quemar carbones bituminosos.
4. El proceso de la reivindicación 3 en donde la corriente de gas natural se introduce en la misma dirección de flujo que el carbón tratado.
5. El proceso de la reivindicación 3, en donde el calentamiento se lleva a cabo en una caldera de ciclo combinado o una caldera multi-combustible, que quema los dos combustibles separadamente o al mismo tiempo.
6. El proceso de la reivindicación 1 en donde el carbón tratado se compacta con biomasa para producir un producto compacto previo a la combustión con el gas combustible.
7. El proceso de la reivindicación 1 en donde el producto compacto está en forma de una briqueta.

## TRATAMIENTO DE CARBÓN

**[0001]** La presente invención se refiere al tratamiento de carbón.

**[0002]** Más particularmente, la presente invención proporciona un proceso para tratar carbón eliminando la humedad y las materias volátiles del carbón para producir un producto combustible que está libre de contaminantes indeseados, los cuales se emiten durante la combustión del carbón. Todas las emisiones, transportadas por el aire, provenientes de la combustión del producto combustible de la invención serán más limpias que las del carbón no tratado, y pueden obviarse las tecnologías de pos-combustión o lavado de gases que normalmente se necesitan para limpiar las emisiones de un quemador a base de carbón. La invención tiene como resultado una solución menos costosa al problema de las emisiones contaminantes, que existe en la actualidad.

**[0003]** La invención busca asimismo producir una carga novedosa a partir del carbón, que pueda servir como material de alimentación con un alto contenido de carbono para las industrias de carbón activado y electrodos de carbón. La carga de la invención sirve igualmente como un material ideal para la inyección de carbón pulverizado (PCI – *pulverized coal injection*) en altos hornos en la industria del hierro y el acero.

## ANTECEDENTES DE LA INVENCION

**[0004]** Los procesos previos para tratar carbón implican la remoción de la humedad y las materias volátiles indeseadas del carbón (normalmente carbones de rango inferior y lignito) para producir carbón de mayor calidad, con una liberación incrementada de calor por unidad de masa de combustible. Por ejemplo, las Patentes de los Estados Unidos 6,477,559 y 7,879,117 describen procesos para producir un combustible de carbón limpio que tiene una potencia calorífica más elevada por masa unitaria de carbón, comparado con el carbón en bruto.

**[0005]**No obstante, estos procesos previos no están diseñados para eliminar todas las materias volátiles. Una pequeña porción de los volátiles se retiene con el fin de garantizar una combustión estable del producto tratado en calderas alimentadas con carbón.

**[0006]**La antracita es relativamente escasa en comparación con el carbón bituminoso y más costosa de quemar. A la fecha, nadie ha desarrollado un proceso para usarla como un combustible, mucho menos como un combustible limpio. La antracita es una variedad de carbón de calidad superior que se distingue por su bajo contenido de volátiles y humedad reducida. Sus propiedades la hacen idealmente apta para la producción de coque y la fabricación de acero. Debido a sus propiedades únicas y a la carencia relativa de varios otros factores, la antracita lidera hoy precios altos que son múltiplos de los precios para otros carbones. En consecuencia, a pesar de que sus emisiones son mucho más limpias que las emisiones del carbón bituminoso, o el que comúnmente se designa como carbón pardo o carbón para calderas (*steam coal*), la antracita no tiene probabilidad - actualmente, ni en algún momento en el futuro previsible - de ser usada como un combustible para calderas industriales.

**[0007]**Por consiguiente, no se ha abordado la posibilidad de mejorar carbones de rango inferior e impartirles algunas de las principales características de la antracita de calidad superior, junto con una solución al problema de la estabilidad de la combustión. La presente invención busca centrarse en esta necesidad.

## RESUMEN DE LA INVENCION

**[0008]**En un aspecto, se provee un proceso para producir un carbón tratado, cuyas propiedades químicas son similares a las de la antracita, a partir de cualquier variedad de carbón pardo o carbón para calderas, incluyendo lignito. El carbón tratado resultante (designado aquí en ocasiones como Pristine-SA (en donde SA significa antracita sintética – *synthetic anthracite*)), producido por el proceso de la invención, consta esencialmente de carbono e hidrógeno y combustiona tan limpiamente como el gas natural.

**[0009]**En otro aspecto se provee un carbón tratado que consta esencialmente de carbono e hidrógeno, en el cual la humedad y las materias volátiles se han eliminado para producir un producto combustible que está libre de contaminantes indeseados.

**[0010]**En un aspecto adicional, se provee un producto compacto tal como una briqueta, que combina el carbón tratado de la invención (Pristine-SA) con biomasa. Los finos de Pristine-SA se compactan con biomasa torrefacta (en donde la biomasa torrefacta se produce en los mismos reactores que Pristine-SA, pero en una operación paralela) en un combustible sólido que puede alimentarse directamente en calderas de carbón bituminoso. Las proporciones de biomasa y Pristine-SA se ajustan cuidadosamente para facilitar una combustión y estabilidad de llama óptimas, con ensuciamiento mínimo de la caldera. En algunas instancias, puede requerirse una pequeña corriente suplementaria de un gas combustible para sostener la combustión.

**[0011]**En otro aspecto, la presente invención posibilita un proceso de combustionar el carbón tratado de la invención con un gas combustible introduciendo un flujo integrado (*slipstream*) del gas combustible, por ejemplo, gas natural, gas de vertedero u otro gas apropiado, junto con el carbón tratado, en una cantidad suficiente para sostener una combustión estable en una caldera industrial existente, configurada para quemar carbones bituminosos.

## DESCRIPCIÓN DETALLADA DE LA INVENCION

**[0012]**De acuerdo con un primer aspecto de la invención, se provee un proceso para tratar carbón en bruto con el fin de liberarlo de la humedad inherente y superficial, seguido por la remoción de materias volátiles. Esto se logra mediante calentamiento escalonado bajo temperaturas definidas en condiciones atmosféricas. Este proceso tiene como resultado un producto que puede combustionar en calderas configuradas para quemar carbones bituminosos, siempre y cuando el carbón tratado se mezcle con un combustible suplementario, tal como un combustible de formación natural, que pueda sostener la combustión

del carbón tratado, aumentando el hidrógeno; la razón de carbono de los dos combustibles.

**[0013]** Ejemplos de combustibles suplementarios con alto contenido de hidrógeno incluyen gas de vertedero y gas natural, aunque puede usarse igualmente hidrógeno puro, con la condición de que su producción sea comercialmente viable. Los combustibles mezclados, que comprenden el carbón tratado de la invención y el combustible suplementario, no producen emisiones tóxicas y, preferiblemente, [descargan] a la atmósfera emisiones reducidas de carbono.

**[0014]** Dado que, normalmente, las calderas de carbón bituminoso no están equipadas para quemar (*to fire*) dos combustibles al mismo tiempo, pueden requerirse modificaciones que les permitan hacerlo. Tales modificaciones incluyen, por ejemplo, entradas de combustible duales, controles de velocidad de alimentación y posicionamiento óptimo de las entradas de combustible para una eficiencia máxima, con el fin de sostener la combustión.

**[0015]** Existe un gran número de calderas de ciclo combinado o multi-combustible en los Estados Unidos y en el exterior, las cuales están en capacidad de combustionar individualmente tanto carbón como gas natural. El carbón tratado de la presente invención se adapta de manera ideal para uso en asociación con estas calderas. En consecuencia, la presente invención añade valor a los carbones bituminosos y sub-bituminosos y disminuye de igual modo el costo de cumplir las normas ambientales cuando se incineran estos carbones, debido a sus emisiones reducidas.

**[0016]** En el pasado, cuando los precios del gas natural eran relativamente altos, la combustión conjunta (*the co-firing*) de carbón con gas natural para mejorar la combustión no tenía sentido económico. Hoy en día, a pesar del descubrimiento de gas natural proveniente de yacimientos de esquisto en los Estados Unidos, las expectativas apuntan a que el precio del gas natural proseguirá su aumento gradual en el transcurso del tiempo. Esto se debe a que el aumento en el suministro de gas

natural ha incrementado ya su demanda sobre la oferta de muchas empresas de servicios públicos que cambian a calderas alimentadas con gas.

**[0017]**En consecuencia, es posible que no persista la muy anticipada caída en los precios del gas natural, con el resultado de una desaceleración en la conversión de las calderas a base de carbón en calderas alimentadas con gas natural. El uso de carbón en aplicaciones de combustión continuará, tal como se esperaba o se pronosticó por reconocidas instituciones de investigación energética locales e internacionales. Para las citadas aplicaciones de combustión, el carbón tratado de la invención, que se ha despojado de materias volátiles [para obtener] un carbón limpio con bajo contenido de volátiles, el cual puede quemarse conjuntamente con un combustible suplementario, tal como gas natural o biogás, será una alternativa ambientalmente superior y económicamente viable a la incineración de carbón en bruto, gas natural o biomasa separadamente.

**[0018]**El concepto de combinar el carbón tratado de la invención (es decir, carbón con volátiles cercanos a cero) con un combustible suplementario, tal como gas natural, en una caldera alimentada con carbón, es novedoso. La presente invención se adapta de manera ideal para uso en calderas de ciclo combinado, o calderas multi-combustible, que son capaces de quemar más de un combustible en forma separada o simultánea. Aunque existe una gran población de calderas de ciclo combinado o multi-combustible, en uso común, estas calderas están diseñadas para cambiar simplemente de un combustible al otro.

**[0019]**La presente invención difiere de los métodos existentes para eliminar materias volátiles del carbón (incluyendo procesos de coquización) usando un proceso de calentamiento multi-etapa, típicamente un proceso de dos etapas, para descomponer y extraer toda la humedad y las materias volátiles derivadas del carbón en forma de gases. El proceso de calentamiento emplea temperaturas en el intervalo de 482-1.371°C. Estas temperaturas son más elevadas que las encontradas en los procesos comunes, los cuales eliminan humedad y volátiles del carbón. En la primera etapa la temperatura se eleva a un valor en el intervalo de

482-816°C y, en la segunda etapa, la temperatura se aumenta aún más a un valor entre 816 y 1.371°C.

**[0020]** La humedad y los volátiles en la fase gaseosa se enfrían y condensan en etapas en corrientes separadas de agua y subproductos líquidos hidrocarburos, conservando al mismo tiempo la integridad estructural del carbón de alimentación para producir el carbón tratado de la invención. Los subproductos hidrocarburos del proceso se componen de líquidos, que varían desde alquitranes de hulla y otros volátiles pesados a metano, butano y aromáticos livianos. El valor comercial de los líquidos es un complemento significativo a la invención y tiene como resultado un proceso cuya viabilidad económica se mejora significativamente.

**[0021]** El tiempo durante el cual el carbón se somete a las condiciones de temperatura escalonada (los tiempos de residencia) es más largo que en los procesos previos. Por consiguiente, el presente proceso de Pristine-SA requiere tiempos de residencia que varían entre 15-45 minutos para remover la totalidad de las materias volátiles en el carbón. Normalmente, el tiempo de residencia para la primera etapa es del orden de 15-20 minutos y el tiempo de residencia para la segunda etapa es adicionalmente de 20-25 minutos.

**[0022]** El producto final producido por los procesos previos, que remueven humedad y materias volátiles del carbón, es asimismo diferente del producto Pristine-SA, producido de acuerdo con el presente proceso. Los procesos previos producen un combustible de combustión limpia, sólido, que puede sostener su propia combustión, mientras que el proceso que genera Pristine-SA produce un combustible sólido de combustión limpia, el cual se emplea en combinación con gases combustibles. Estos gases incluyen gases con bajo contenido de unidades térmicas británicas (BTu – *British Thermal units*), derivados de refinerías y procesos industriales, que se queman sin beneficio alguno, y biomasa.

**[0023]** Una modalidad adicional de la invención comprende Pristine-SA compactado con biomasa torrefacta tal como por ejemplo, madera torrefacta u otra fuente de energía neutra/carbono renovable, sujeta a torrefacción, y es más densa en energía

que la madera y casi tan densa como el carbón, para generar un producto compactado (briqueta). Aunque este producto compactado puede sostener su propia combustión, es diferente de los productos de procesos previos en que exhibe emisiones reducidas de dióxido de carbono, debido al uso de biomasa la cual tiene cero emisiones de dióxido de carbono. En este aspecto, se llama la atención a que se asume que la combustión de biomasa, por definición, produce cero emisiones de dióxido de carbono, debido a que tales emisiones se compensan por la absorción de dióxido de carbono a medida que ocurre el crecimiento de las plantas.

**[0024]** Cuando se manejan carbones que contienen una gran cantidad de humedad, el presente proceso produce un combustible que tiene un poder calorífico (CV – *calorific value*) mayor que el que está presente en el carbón no tratado. El incremento en el CV varía en proporción directa al contenido de humedad en el carbón.

**[0025]** Aparte de su uso como un combustible de combustión más limpia, el carbón tratado de la invención (antracita sintética) constituirá una alternativa económicamente atractiva al coque de petróleo y a otra carga similar para varias industrias, incluyendo carbón activado y electrodos de carbón para la industria del aluminio, así como aditivos de carbón para la industria del acero. Otro uso para el carbón tratado Pristine-SA de la invención está en la inyección de carbón pulverizado (PCI) en un alto horno. A este respecto, el Pristine-SA puede actuar como la fuente de carbón preferida para acelerar la reducción de mena de hierro en un alto horno durante la producción de hierro fundido y disminuir la necesidad de coque.

**[0026]** La antracita, como un combustible en calderas industriales, se ha empleado únicamente en forma mínima debido a su elevado costo, disponibilidad limitada y los retos asociados con mantener su combustión. El carbón tratado de la presente invención es carbono prácticamente puro e hidrógeno y supera las desventajas anotadas más arriba. En consecuencia, la presente invención crea un carbón similar a la antracita que puede comercializarse en una fracción del costo de la antracita natural y, por lo tanto, puede ser económicamente viable como un combustible.

**[0027]** Un aspecto importante de la invención se centra en la introducción de un flujo integrado de combustible suplementario tal como gas natural u otro gas combustible (v.g., biogás, gas de vertedero, diésel, etc.) en un caudal co-corriente (*co-current stream*) junto con el carbón tratado en una caldera industrial. El combustible suplementario, tal como gas natural, acarrea consigo la razón de combustible carbono: hidrógeno requerida para sostener la combustión del carbón tratado de la invención. Esta combinación del carbón tratado de la invención y el gas combustible garantiza una combustión estable y reduce la cantidad de gas combustible requerido, comparada con la que se requeriría si la caldera se operara usando el gas solamente.

**[0028]** Los gases combustibles incluyen además los provenientes de complejos industriales, refinerías de petróleo y plantas de fabricación de químicos, cuyo poder calorífico es demasiado bajo para una combustión económica en la producción de calor/energía eléctrica. En consecuencia, normalmente estos gases se queman en chimeneas (*are flared*), desaprovechando en esa forma su contenido energético. Estos gases combustibles proporcionan el contenido requerido de hidrógeno para sostener la combustión del carbón tratado de la invención.

**[0029]** El citado proceso no solamente mejora la calidad de los carbones de rango inferior, sino que, además, sus emisiones son significativamente menores y más limpias que las emisiones que resultan de la combustión de carbones para calderas bituminosos y sub-bituminosos no tratados. Adicionalmente, puede eliminarse el lavado de emisiones (*emissions scrubbing*) mediante el uso del carbón tratado de la invención, debido a su contenido, cercano a cero, de materiales que producen emisiones indeseadas. Por lo demás, los subproductos hidrocarburos del proceso son un factor importante, que impacta positivamente la viabilidad económica del proceso. La eliminación de humedad del carbón de carga eleva el CV del carbón, haciéndolo un combustible más eficiente que el carbón no tratado.

**[0030]** Aunque la invención se ha descrito en conexión con lo que se considera actualmente que es la modalidad más práctica y preferida, hay que entender que la

invención no tiene que limitarse a la modalidad divulgada, sino al contrario, se pretende que cubra varias modificaciones y arreglos equivalentes, incluidos dentro del espíritu y el ámbito de las reivindicaciones anexas.