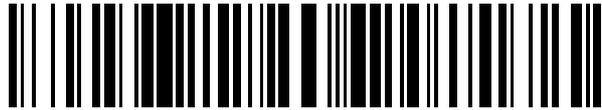


19



OFICINA ESPAÑOLA DE PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 742 623**

21 Número de solicitud: 201800198

51 Int. Cl.:

**H02J 15/00** (2006.01)  
**F02G 1/043** (2006.01)  
**F25B 9/10** (2006.01)  
**F02G 5/02** (2006.01)  
**F03G 6/06** (2006.01)  
**C01B 3/04** (2006.01)

12

SOLICITUD DE PATENTE

A1

22 Fecha de presentación:

14.08.2018

43 Fecha de publicación de la solicitud:

14.02.2020

71 Solicitantes:

**INVESTIGACIONES AVANZADAS DE RECURSOS S.A. (100.0%)**  
**C/ Las Mercedes, nº 25**  
**48930 Getxo (Bizkaia) ES**

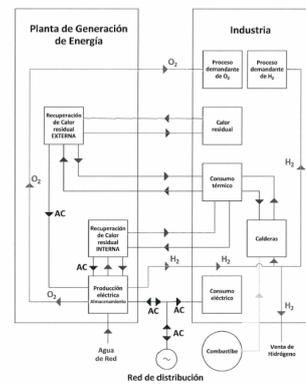
72 Inventor/es:

**LÓPEZ RAMÍREZ, Juan Rafael**

54 Título: **Planta de producción de energía de alta eficiencia con energías renovables y almacenamiento mediante tecnología del hidrógeno**

57 Resumen:

El objeto de esta patente es una planta de producción de energía mediante fuentes renovables con almacenamiento basado en el hidrógeno y con sistemas de recuperación de calores residuales que aumentan la producción de energía eléctrica, que aprovechan fuentes de energía térmica a una determinada temperatura para producir potencia eléctrica por medio de motores Stirling y adicionalmente pueden producir calor útil a una temperatura menor que la temperatura de entrada para ser aprovechado en otro proceso. La planta optimiza la utilización de todos los flujos energéticos buscando las sinergias de manera que se maximiza la eficiencia energética. La planta cuenta con un sistema de almacenamiento de energía basado en el hidrógeno que permite hacer una gestión eficiente de la energía debido a su capacidad de almacenamiento con densidades de energía no alcanzables con sistemas que solo cuentan con baterías convencionales, adicionalmente permite una serie de sinergias que se obtienen del aprovechamiento en varias maneras del hidrógeno y el oxígeno generados en el proceso de almacenamiento de energía por electrolisis del agua.



ES 2 742 623 A1

## DESCRIPCIÓN

Planta de producción de energía de alta eficiencia con energías renovables y almacenamiento mediante tecnología del hidrógeno.

5

### **Sector de la técnica**

La invención recogida en esta patente, está englobada en el Sector Energético y más concretamente en las Energías Renovables y la Eficiencia Energética.

10

### **Antecedentes de la invención**

Actualmente, no existe ninguna solución como la que aquí se detalla. En la actualidad existen plantas de generación de energía mediante energías renovables, pero no cuentan con los elementos adicionales y la manera de operar que en este documento se describen, dotando a la planta aquí descrita de producción de energía adicional (eléctrica y térmica) y de nuevas funcionalidades.

15

En el mercado podemos encontrar los elementos que componen la planta aquí descrita, pero algunos de estos elementos deben ser modificados por necesidades funcionales para ser compatibles con esta aplicación, y de esta forma, aumentar el rendimiento global del proceso.

20

### **Explicación de la invención**

La invención consiste en una planta de producción de potencia para satisfacer necesidades energéticas de una industria, entendiéndose por industria cualquier proceso o actividad demandante de energía. Adiciónamele la planta puede generar potencia exclusivamente para venta, sin ninguna industria asociada. Esta planta se caracteriza por aunar tres rasgos diferenciadores que se enumeran a continuación:

25

30

1) Uso de fuentes de energía renovables, proceso sin emisión de gases de efecto invernadero, ni contaminación térmica.

35

2) Capacidad almacenamiento y gestión de energía mediante producción de hidrógeno por electrólisis. Consiguiendo densidades energéticas no alcanzadas por tecnologías basadas únicamente en baterías convencionales.

40

3) Uso de sinergias para aumentar la producción de energía eléctrica y producir adicionalmente energía térmica y otros productos aprovechables en la industria.

La planta objeto de esta patente es capaz de producir energía cubriendo las siguientes modalidades:

45

1) Generación de energía para autoconsumo de una industria de manera parcial o total y venta, instalación conectada a la red eléctrica.

2) Generación de energía exclusivamente para venta.

50

3) Generación de energía para autoconsumo de una industria, instalación aislada.

En todas las modalidades donde la planta está conectada a red es posible cargar el sistema de almacenamiento con la energía generada en la propia planta o con la energía procedente de la red dotando a esta planta de actuar como una central de bombeo o regulando la red eléctrica.

Las sinergias que se producen en una planta diseñada con esta invención se enumeran a continuación:

- 5 1) Refrigeración de paneles solares fotovoltaicos que por un lado aumenta la eficiencia en la producción de energía eléctrica de las células fotovoltaicas y por otro lado producen agua caliente como fuente de energía térmica.
- 10 2) Uso de la corriente de refrigeración de la pila de combustible como fuente de energía térmica.
- 15 3) Uso de los calores residuales de la industria que estamos abasteciendo de energía, como fuente de energía térmica.
- 4) Producción de oxígeno de alta pureza que puede ser utilizado para usos variados.
- 5) Producción de hidrógeno de alta pureza que puede ser utilizado para usos variados.

Las ventajas del uso de un sistema de almacenamiento de energía basado en la tecnología del hidrógeno son:

- 20 1) Utilización del hidrógeno producido en el propio proceso industrial que estamos abasteciendo de energía si las necesidades de la industria así lo requieren.
- 25 2) Venta de hidrógeno a terceros.
- 30 3) Uso de los calores útiles y combustión del hidrógeno para la disminución o eliminación del uso de combustibles fósiles.
- 35 4) Uso del hidrógeno para generar energía térmica de alta calidad (la combustión del hidrógeno produce las mayores temperaturas posibles y sin inquemados).
- 5) Utilización de la planta como central altamente gestionable, debido a capacidades de respuesta mayores que las plantas convencionales, actuando como una central de bombeo o regulando la red eléctrica.
- 6) Mayor grado de independencia económica de las fluctuaciones del mercado energético.

La planta cuenta con un bloque de generación de potencia basado en energía solar fotovoltaica que puede estar apoyado por energía eólica, la producción de potencia cedida por este bloque se ve incrementada debido a los sistemas de recuperación de calor residual, que aprovechan fuentes de energía térmica a una determinada temperatura para producir potencia eléctrica por medio de motores Stirling y adicionalmente pueden producir calor útil a una temperatura menor que la temperatura de entrada para ser aprovechado en otro proceso. Estos sistemas de recuperación de calor residual pueden alimentarse con calores producidos en la propia planta o en la industria que la planta está abasteciendo y los calores útiles que se producen en estos sistemas pueden aprovecharse en la industria produciendo sinergias. La planta cuenta con un sistema de almacenamiento de energía basado en el hidrógeno que permite hacer una gestión del eficiente de la energía debido a capacidades de almacenamiento superiores a sistemas basados únicamente en baterías convencionales, adicionalmente permite una serie de ventajas anteriormente descritas.

### **Breve descripción de los dibujos**

A continuación, se muestran unos dibujos para ayudar a comprender el objeto de esta invención. Estos dibujos tienen carácter ilustrativo y no limitativo.

5 La figura 1 muestra las conexiones e interacciones existentes entre la planta objeto de esta patente y la industria para la que se diseña con el objetivo de abastecerla energéticamente.

10 La figura 2 muestra el esquema general de la planta de producción de energía recogida en esta patente.

La figura 3 muestra el esquema de principio del módulo de generación de energía, zona de la planta donde se transforman los recursos renovables en energía eléctrica.

15 La figura 4 muestra el esquema de principio del sistema de almacenamiento de hidrógeno que incluye: electrolizador, depósito de hidruros metálicos, pila de combustible, compresor de hidrógeno.

20 La figura 5 muestra el esquema de principio del sistema de recuperación de calor residual, este sistema utiliza una fuente de calor a una determinada temperatura para generar energía en un motor Stirling teniendo la posibilidad adicional de ceder calor a menor temperatura si hubiera una aplicación donde pudiera aprovecharse.

25 La figura 6 muestra el esquema de principio de una recuperación de calor de varios procesos, donde se muestra cómo deben agruparse las corrientes de agua caliente generadas con un nivel de temperatura similar de manera que se minimice el número de motores Stirling que tienen que ser instalados.

30 La figura 7 muestra el esquema de principio de la recuperación de calor del sistema de compresión de hidrógeno donde se aprovecha los calores generados en las etapas de refrigeración para generar potencia eléctrica en un motor Stirling.

35 La figura 8 se muestra el esquema completa de la planta objeto de esta patente integrando todos los bloques que constituyen la planta.

### **Realización preferente de la invención**

40 Antes de comenzar a detallar cómo funciona la planta, en la figura 1 pueden observarse las interacciones entre la industria que queremos abastecer energéticamente y la planta que hemos diseñado.

45 El consumo eléctrico de la industria en forma de corriente alterna (AC) es abastecido por la producción eléctrica de la planta (suma de la potencia generada por energías renovables, por la potencia generada por los sistemas de calor residual y por la potencia aportada por el sistema de almacenamiento) y por la energía procedente de la red sí fuese necesario.

50 El consumo térmico de la industria que tradicionalmente es abastecido por la quema de combustibles puede ser minimizado o eliminado mediante el aprovechamiento de los calores útiles producidos por los sistemas de recuperación de calor residual y por la quema de hidrógeno procedente del sistema de almacenamiento, el hidrógeno quemado producirá un detrimento de la energía almacenada.

Si la industria cuenta con proceso donde demande oxígeno, de manera parcial o total puede ser aportado por el sistema de almacenamiento que durante la electrólisis del agua produce oxígeno de alta pureza.

- 5 Si la industria cuenta con proceso donde demande hidrógeno, de manera parcial o total puede ser aportado por el sistema de almacenamiento que durante la electrólisis del agua produce hidrógeno de alta pureza, el hidrógeno de esta manera consumido producirá un detrimento de la energía almacenada.
- 10 El sistema de almacenamiento también es capaz de almacenar energía de la red aumentando la versatilidad de la planta.

En la figura 2 puede observarse un esquema general de la planta objeto de esta patente de invención, debido a que el sistema de generación de energía y el sistema de almacenamiento de energía operan en corriente continua (DC) y el consumo la red eléctrica y los sistemas de recuperación operan en corriente alterna (AC), el diseño eléctrico de la planta se ha realizado mediante un bus de continua y un bus de alterna, para transformar la energía disponible en corriente continua a corriente alterna se utiliza un sistema de inversores y para realizar el proceso contrario se utiliza un sistema de rectificadores, este sistema es necesario para poder almacenar disponible en el bus de alterna en el sistema de almacenamiento de energía. El sistema de almacenamiento de energía cuenta con: una pila de combustible (FC de la figura 2); una turbina de hidrógeno (T de la figura 2); dos compresores de hidrógeno (CA, CB de la figura 2) etapa de alta presión y baja presión respectivamente. A continuación, se describe cómo opera dicha planta.

El bloque de generación de energía cuenta con un campo solar formado por paneles solares fotovoltaicos refrigerados que captan la radiación solar global y la convierten en energía eléctrica, la eficiencia de esta conversión se ve aumentada debido al efecto en la disminución de la temperatura de las células fotovoltaicas de los paneles por el sistema de refrigeración produciéndose un calentamiento del agua de refrigeración. Adicionalmente el bloque puede contar con aerogeneradores eólicos como fuente adicional de energía. El esquema de principio del bloque de generación de energía puede verse en la figura 3.

El bloque de almacenamiento de energía consta de un módulo de gestión de energía, que, en función de las especificaciones del proyecto en particular, es el encargado de decidir en cada instante de tiempo si la energía eléctrica producida:

- 1) Es consumida en el propio proceso para el que se ha construido la planta.
- 2) Es almacenada en el sistema de almacenamiento.
- 3) Es vendida a la red.
- 4) O si se demanda energía procedente de la red ya sea para cubrir parte del consumo o para aumentar la cantidad de energía almacenada.

El módulo de gestión de energía, también es el encargado de gestionar cuando se utiliza la energía previamente almacenada.

Cuando se almacena energía en el sistema de almacenamiento de hidrógeno, la corriente eléctrica en continua (DC) es conducida a un electrolizador que realiza la electrólisis de la molécula de agua generando hidrógeno y oxígeno de alta pureza. El hidrógeno generado es conducido a un tanque donde es absorbido por hidruros metálicos consiguiéndose una densidad volumétrica elevada a presiones moderadas, esta reacción es exotérmica por lo que

es necesario evacuar el calor producido. Posteriormente, cuando sea necesario utilizar el hidrógeno, se aporta calor al depósito de hidruros metálicos desorbiendo el hidrógeno almacenado. Estos intercambios de calor necesarios para la operación del hidruro metálico se realizan mediante un sistema de gestión de energía térmica que controla las condiciones la corriente de agua de intercambio para que el proceso se realice de la manera más eficiente posible. Adicionalmente o de manera sustitutiva, el sistema de almacenamiento de hidrogeno puede contar con un sistema que consta de un compresor (CA, CB de la figura 4) con varias etapas intermedias de refrigeración (estas etapas de refrigeración cuentan con un sistema de recuperación de calor como se muestra en la figura 7) y un depósito de almacenamiento a presión, el sistema cuenta con una turbina (T de la figura 4) que permite recuperar parte de la energía utilizada en el proceso de compresión. Cuando el módulo de gestión de energía decide usar energía de la reserva, el hidrogeno almacenado es conducido a la pila de combustible (FC de la figura 4) que se recombina con el oxígeno presente en el aire produciendo energía eléctrica. Adicionalmente el sistema de almacenamiento de hidrógeno puede contar con un banco de baterías eléctricas que aumenta la versatilidad en las estrategias de operación de la planta aumentando la eficiencia. El esquema de principio del bloque de almacenamiento de energía puede verse en la figura 4.

La planta objeto de esta patente, consta de varios sistemas de recuperación de calor residual, estos sistemas operan convirtiendo una fuente de calor no utilizada en energía eléctrica que aumenta la energía producida por el sistema. Mediante la instalación de un intercambiador de calor y un sistema de tuberías, se conduce el calor no utilizado a un motor Stirling diseñado para trabajar en torno a la temperatura de dicho calor residual, el aprovechamiento puede ser mayor si el caudal de agua tras haber cedido parte de su entalpia en el motor Stirling tiene la temperatura suficiente para poder ser utilizado en un proceso demandante de calor de la propia industria para la cual se ha diseñado la planta (calor útil). Finalmente es necesario que el agua recupere la temperatura necesaria para poder ser utilizada en el proceso correspondiente, el sistema encargado de controlar que la temperatura de retorno del sistema de recuperación de calor residual es el sistema de acondicionamiento térmico. En la figura 5 puede verse el esquema de principio de un sistema de recuperación de calor residual.

Los sistemas de acondicionamiento térmico se encargan de conseguir que los caudales de agua de retorno a proceso recuperen las temperaturas necesarias. El enfriamiento de dichos caudales se realizará de la manera más eficiente posible contando con las limitaciones técnicas asociadas a cada caso particular. Las principales tipologías que definen el sistema de acondicionamiento térmico son los siguientes:

1) Aire, mediante un intercambiador de calor agua-aire, ya sea por convección natural o convección forzada, puede conseguirse el enfriamiento de un caudal de agua.

2) Torre de refrigeración, mediante enfriamiento evaporativo, se puede conseguir disminuir la temperatura del aire del ambiente, esta disminución de temperatura será mayor mientras menor sea la humedad relativa del aire. Posteriormente este aire enfriado se utilizará en un intercambiador de calor agua-aire consiguiendo que la temperatura de caudal de agua sea la necesaria para retornarla al proceso.

3) Agua, si se dispone de una fuente de agua (río, lago, mar, etc...) mediante un circuito abierto o con un intercambiador de calor, puede conseguirse un enfriamiento del caudal de agua.

4) Intercambiador de calor con el terreno, a cierta profundidad y dependiendo de las características del terreno la temperatura no varía a lo largo del año y sobre todo en las horas centrales del día la diferencia con la temperatura del aire exterior puede ser muy elevada siendo un método efectivo para la conseguir que la temperatura del caudal de agua sea la necesaria para retornarla al proceso.

5 Los calores residuales deben agruparse por niveles de temperatura similares para minimizar el número de sistemas de recuperación de calor residual (motores Stirling) a instalar. La manera de cómo se debe realizar dicha agrupación se muestra en el esquema de principio que aparece en la figura 6. Un ejemplo de dicha agrupación es el sistema de recuperación del calor de compresión del hidrógeno ubicado en el bloque de almacenamiento de energía como se muestra en la figura 7.

10 Finalmente, la energía eléctrica producida por generación directa, procedente del sistema de almacenamiento de hidrógeno o por los sistemas de recuperación de energía térmica es utilizada para autoconsumo o para venta a red según dictamine el módulo de gestión de energía. La planta también puede almacenar energía procedente de la red mediante un rectificador que convierte la corriente alterna en corriente continua.

## REIVINDICACIONES

1. Planta de producción de potencia de alta eficiencia con energías renovables y sistema de almacenamiento basado en la tecnología del hidrógeno para una industria caracterizada por:
- 5
- i. Utilizar sistemas de recuperación de calor residual (basados en motores Stirling) de la propia planta o de la industria a la que abastecen que aumentan la producción de potencia de la planta y su eficiencia.
  - 10 ii. Disponer de un sistema de almacenamiento basado en la tecnología del hidrógeno que dota a la planta de una capacidad de almacenamiento con una densidad de energía no alcanzable por los sistemas de almacenamiento basados únicamente en baterías convencionales y permite adicionalmente a la industria que abastece de:
    - 15 a) Producción de oxígeno e hidrógeno de alta pureza si hubiera un proceso que lo necesitase.
    - b) Calor de alta calidad (las mayores temperaturas posibles y sin inquemados) procedente de la combustión del hidrógeno.
    - 20 c) Ahorro o eliminación del consumo de combustibles fósiles mediante el aprovechamiento de calores útiles y/o combustión del hidrógeno.
    - d) Posibilidad de venta de hidrógeno.
    - 25 e) Mayor grado de independencia económica de las fluctuaciones del mercado energético.
  - 30 iii. Tener la capacidad de operar como central de bombeo y regulando la red eléctrica.
2. Implementación en una planta de producción de energía eléctrica con paneles solares fotovoltaicos, de un sistema de circulación de agua para la refrigeración de dichos paneles y posterior alimentación del foco caliente de un motor Stirling. Con este sistema se consiguen dos efectos positivos: primero aumentar la producción de energía eléctrica que los paneles solares producen debido al aumento de la eficiencia por el efecto de la disminución de temperatura y segundo producir energía eléctrica en el motor Stirling aprovechando el calor residual producido en la refrigeración aumentando la potencia y la eficiencia del ciclo en general.
- 35
3. Implementación en una planta de producción de energía eléctrica con pila de combustible, de un sistema de circulación de agua para la refrigeración de la pila de combustible y posterior alimentación del foco caliente de un motor Stirling. Con este sistema, se consigue producir energía eléctrica en el motor Stirling aprovechando el calor residual producido en la refrigeración de la pila de combustible aumentando la potencia y la eficiencia del ciclo en general.
- 40
- 45
4. Implementación en un proceso de compresión de un gas por etapas, de un sistema de circulación con fluido térmico para la refrigeración de la corriente de gas a comprimir y posterior alimentación del foco caliente de un motor Stirling. Con este sistema, se consigue producir energía eléctrica en el motor Stirling aprovechando el calor evacuado en la refrigeración del gas a comprimir aumentando la potencia y la eficiencia del ciclo en general.
- 50
5. Implementación en un proceso con generación de calor residual, de un sistema de circulación de agua para la alimentación del foco caliente de un motor Stirling. Con este

sistema, se consigue producir energía eléctrica en el motor Stirling aprovechando el calor residual del proceso aumentando así la eficiencia del ciclo en general.

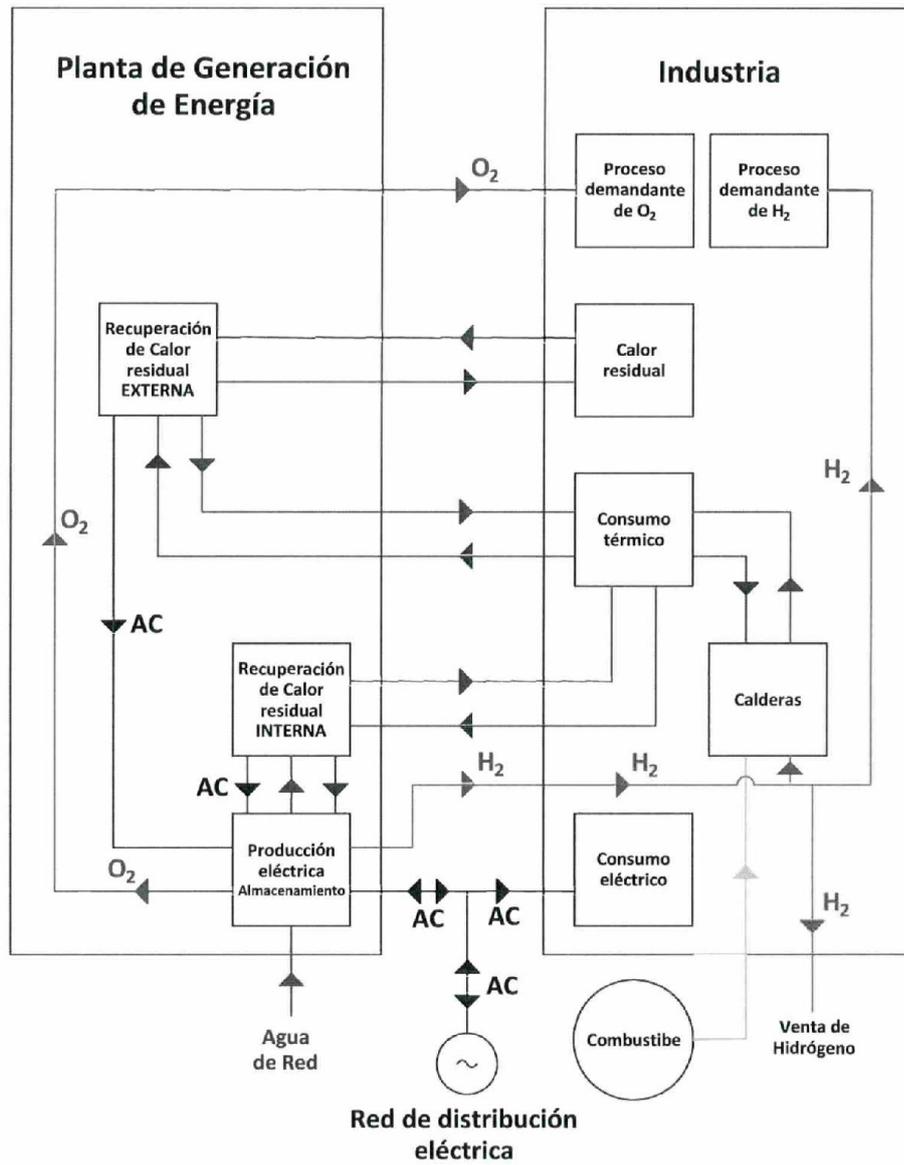


Figura 1: Conexión Planta - Industria

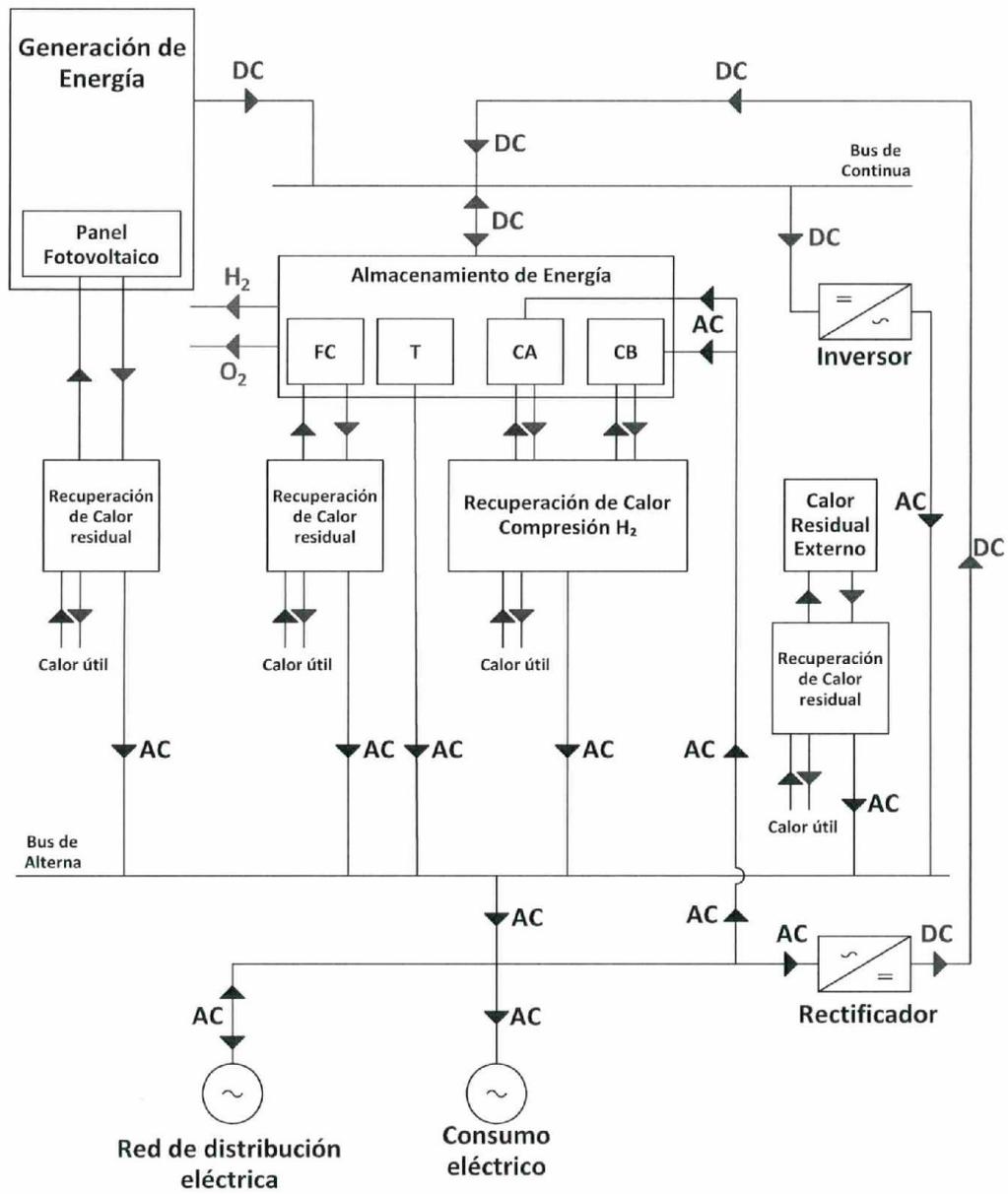


Figura 2: Esquema General

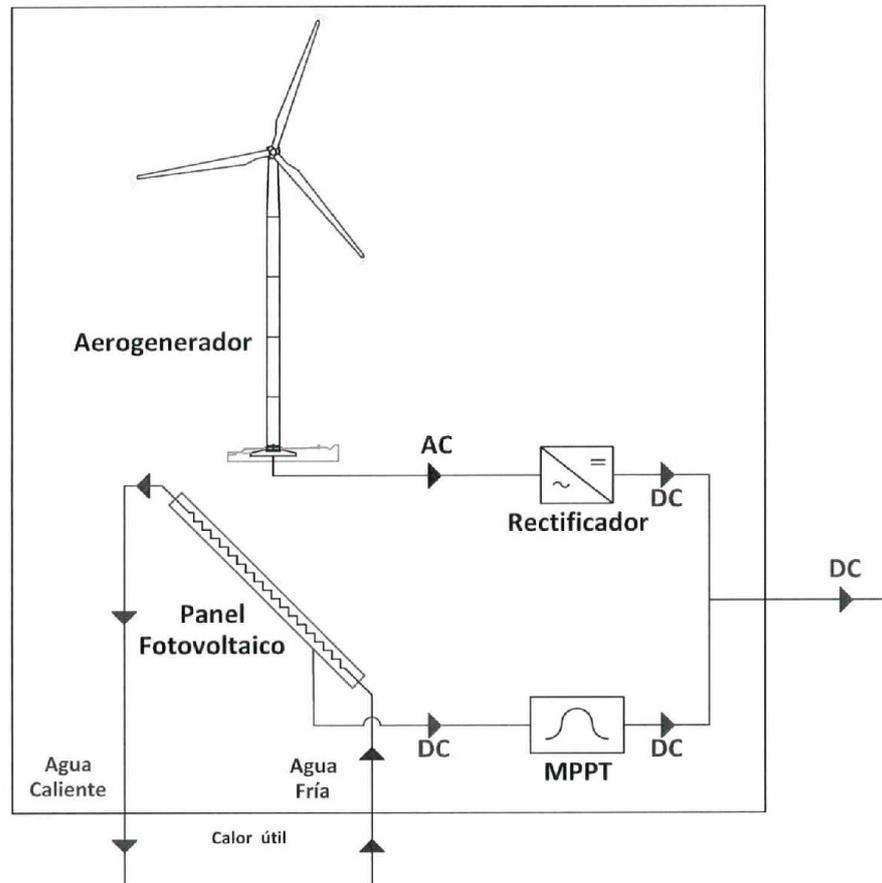


Figura 3: Generación de Energía

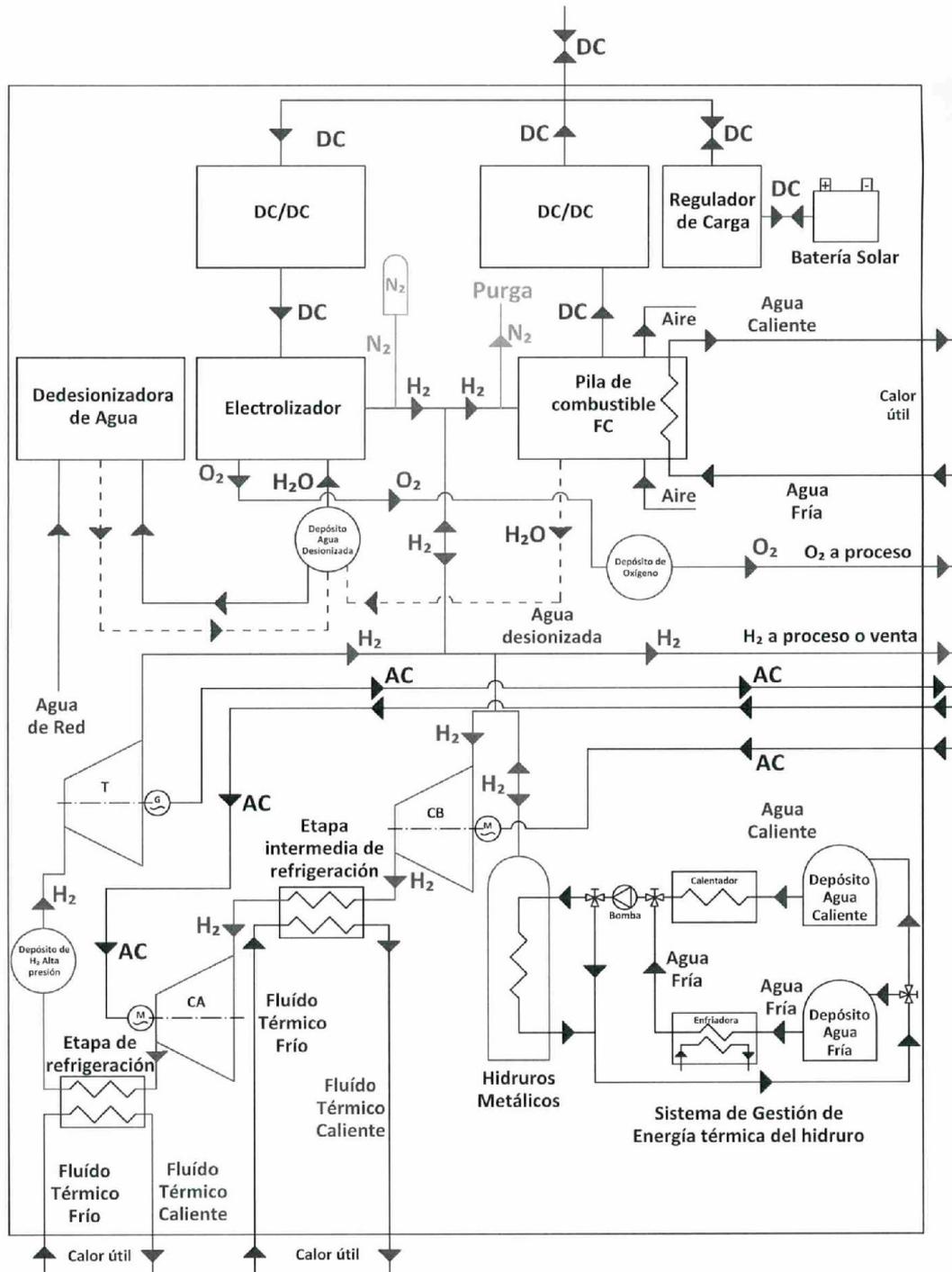


Figura 4: Almacenamiento de Energía

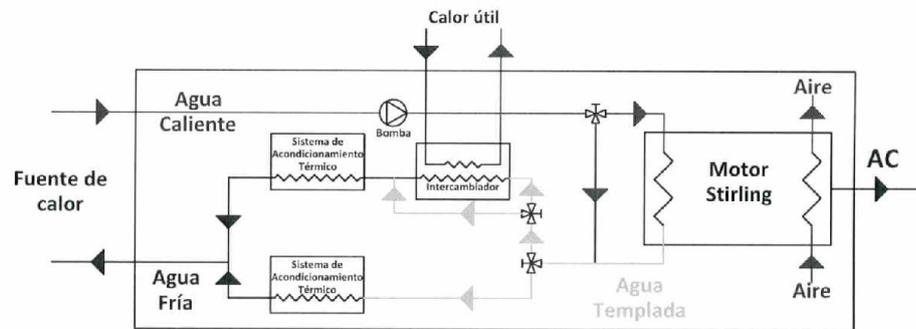


Figura 5: Recuperación de Calor residual

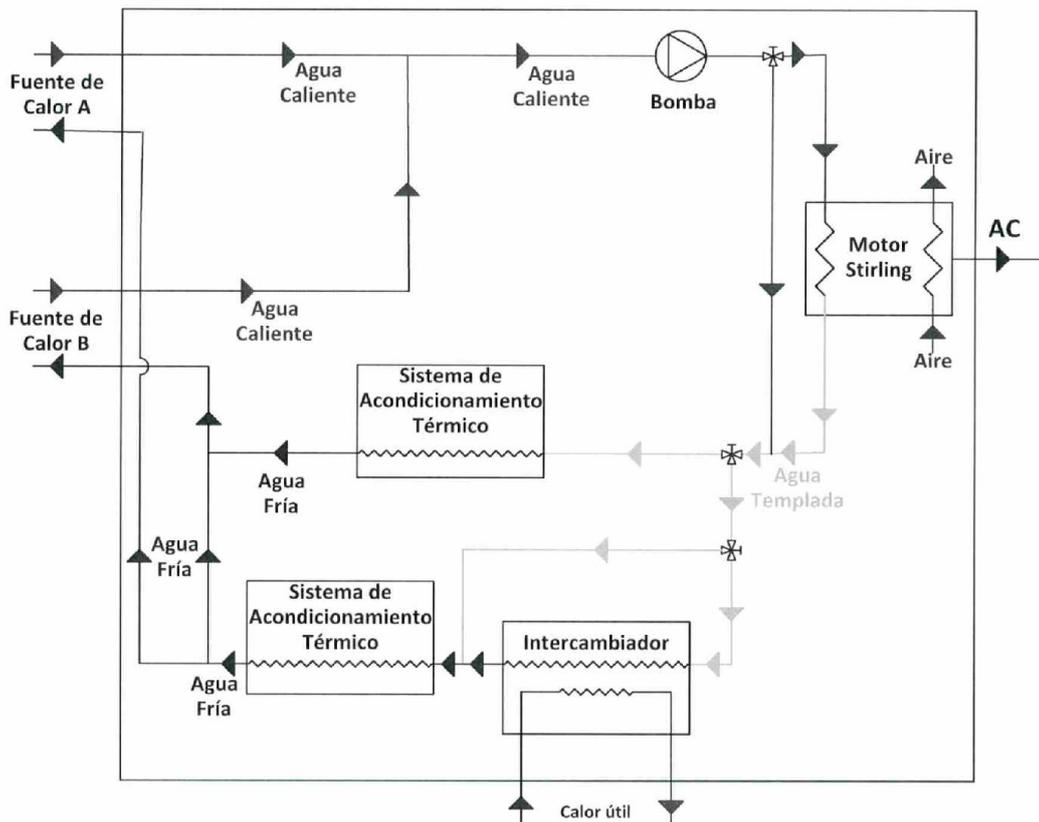


Figura 6: Recuperación de varios Calores residuales agrupados

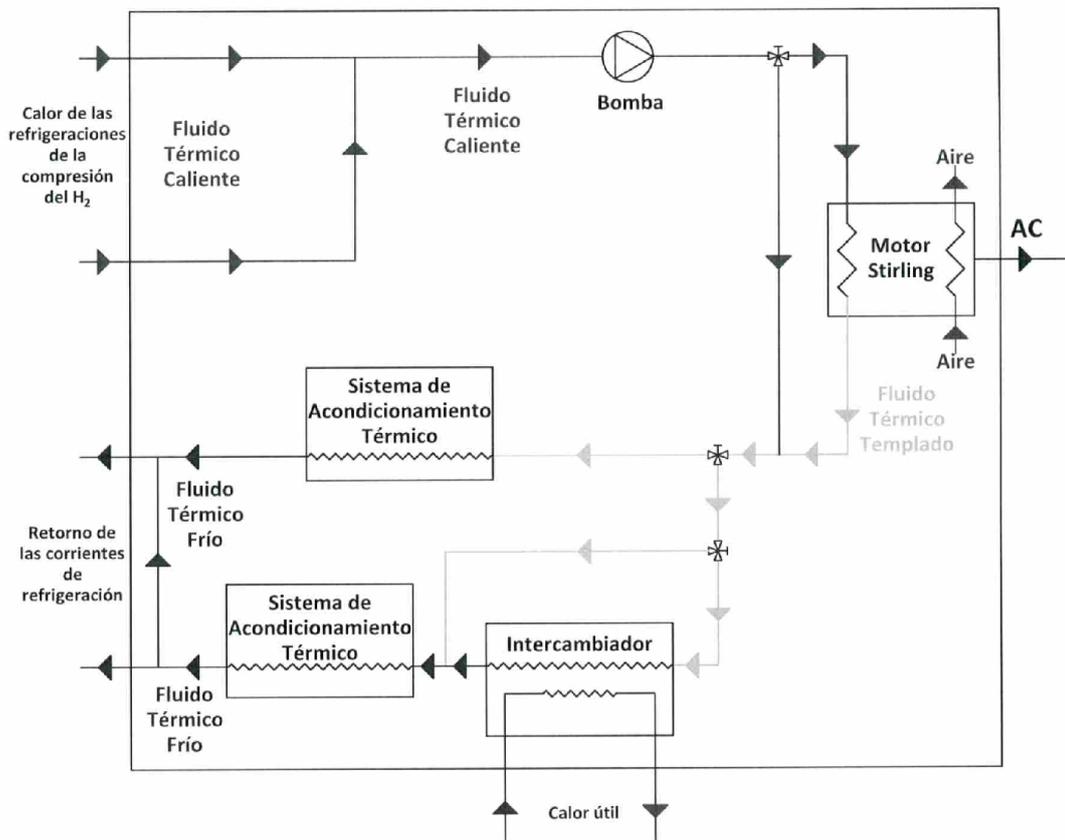


Figura 7: Recuperación de Calor de compresión del H<sub>2</sub>

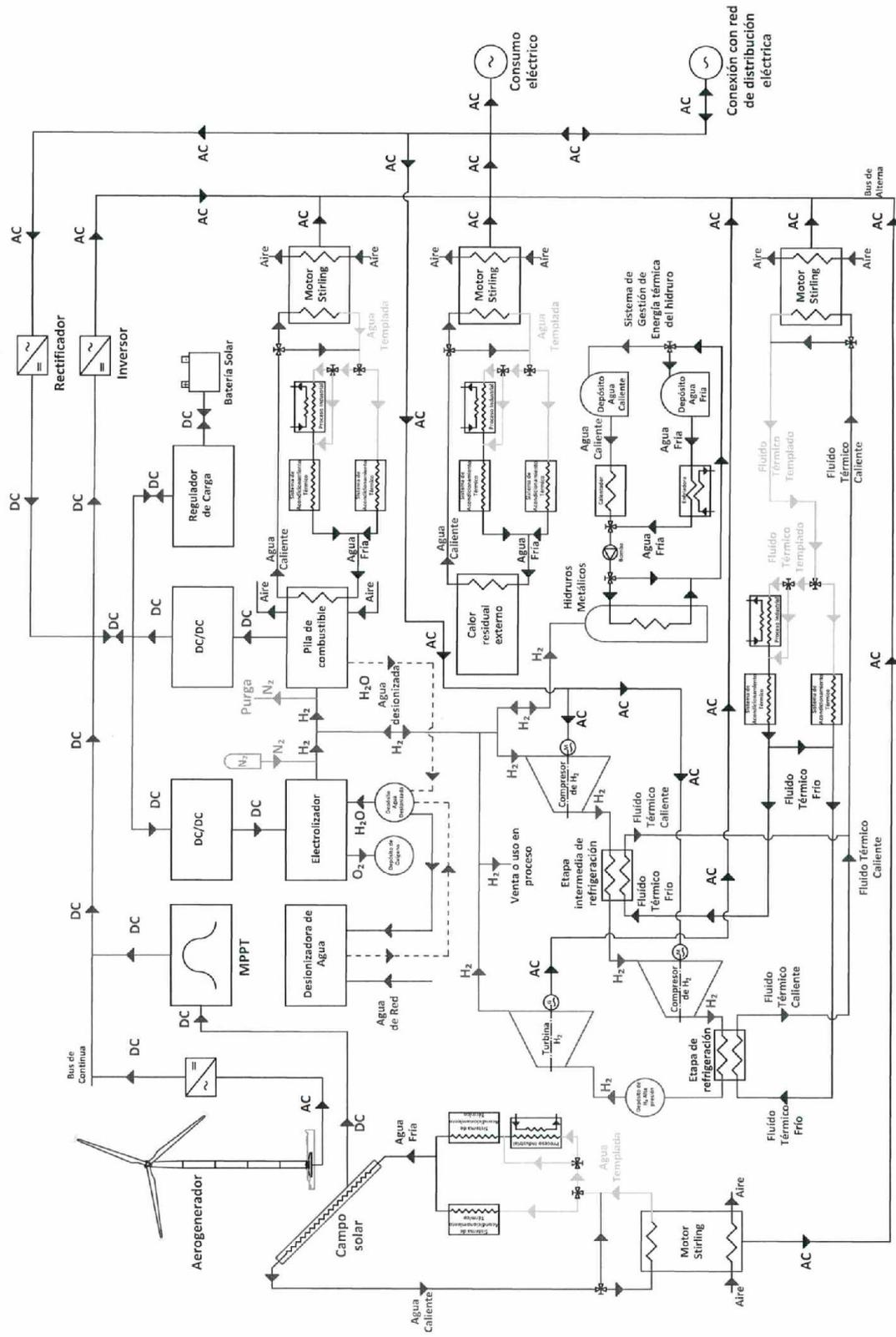


Figura 8: Esquema general a detalle



- ②① N.º solicitud: 201800198  
②② Fecha de presentación de la solicitud: 14.08.2018  
③② Fecha de prioridad:

INFORME SOBRE EL ESTADO DE LA TECNICA

⑤① Int. Cl.: Ver Hoja Adicional

DOCUMENTOS RELEVANTES

Categoría	⑤⑥ Documentos citados	Reivindicaciones afectadas
X	AU 2017204250 A1 (FRIESTH KEVIN) 13/07/2017, resumen EPODOC; resumen WPI; figuras; párrafos 3, 4, 7, 11, 16, 88, 89, 91, 106, 108-113, 264-267, 272, 273, 294, 318, 331, 336, 338, 339, 343, 384-398, 400, 411, 412, 416-423, 429, 430, 528, 532, 534-537, 545, 555-558.	1-5
X	US 2011315546 A1 (GENESTE JEAN-FRANCOIS) 29/12/2011, EPODOC; figuras; párrafos 2-4, 8-14, 20, 21, 27, 33-38, 40-48, 54 y 55.	1
X	US 2008078435 A1 (JOHNSON D ALAN E) 03/04/2008, resumen EPODOC; resumen WPI; figuras; párrafos 5, 18-20, 42-44, 48, 49, reivindicación 9.	1-3, 5
X	GB 2414243 A (HYDROGEN SOLAR LTD) 23/11/2005, resumen EPODOC; resumen WPI, figuras; páginas 6, 8, 15-19.	1-3, 5

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> 12.12.2018</p>	<p><b>Examinador</b> A. López Ramiro</p>	<p><b>Página</b> 1/2</p>
---	--	------------------------------

## CLASIFICACIÓN OBJETO DE LA SOLICITUD

**H02J15/00** (2006.01)

**F02G1/043** (2006.01)

**F25B9/10** (2006.01)

*F02G5/02* (2006.01)

*F03G6/06* (2006.01)

*C01B3/04* (2006.01)

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

H02J, F02G, F25B, F03G, C01B

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

INVENES, EPODOC