

MEMORIA TÉCNICA

UTILIZACIÓN DE LA BIOMASA PROCEDENTE DE CULTIVOS ENERGÉTICOS PARA LA GENERACIÓN DE ENERGÍA TÉRMICA Y TRABAJO EN LOS SECTORES RESIDENCIAL Y TERCIARIO

ACRÓNIMO: On-3-Bioterm

AGRUPACIÓN:

LASIAN Tecnología del Calor, S.L. (Coordinador)

BioEbro S.L.

Centro de Investigaciones Energéticas y Medioambientales (CIEMAT)

Universidad de Zaragoza (UNIZAR)

Muel, 22 de junio de 2010

MEMORIA TÉCNICA DEL PROYECTO

1) Objetivos del proyecto

a) Objetivos específicos del proyecto

El objetivo general del proyecto es el desarrollo de procesos y equipos para mejorar tanto la viabilidad tecnoeconómica como la sostenibilidad del uso de la biomasa (especialmente la procedente de cultivos energéticos adaptados a las condiciones edafoclimáticas españolas) en los sectores doméstico y terciario.

De este objetivo global del proyecto surgen los siguientes objetivos específicos:

- Desarrollo de un secadero piloto calentado exclusivamente con fuentes de energía renovable (solar y biomasa) para reducir la humedad de la materia prima biomásica. El producto seco final tendrá la humedad en los rangos admisibles para el proceso de pelletización de biomasa (normalmente inferiores al 12% b.h.) y que también son adecuados para las astillas de calidad de madera utilizables en los sectores considerados.
- Evaluación técnica comparativa en lo que hace referencia a emisiones, eficiencia y necesidades de mantenimiento, del prototipo de caldera desarrollado previamente en el marco del subproyecto 3 del PSE On Cultivos para biomasa de cultivos energéticos herbáceos y adaptado y mejorado en este proyecto y una caldera comercial para biomasa herbácea.
- Desarrollo de un quemador comercial de biomasa de alimentación horizontal (de una potencia de 50 kW_t que sea escalable hasta 500 kW_t), apto para operar con los cultivos energéticos ensayados en el marco del PSE On Cultivos y que se pueda adaptar a calderas ya existentes y que presente un sistema avanzado de limpieza, robusto y automatizado, para el desalojo de las cenizas, tanto en la parte de combustión como de transferencia del calor.
- Adaptación y optimización de un sistema de trigeneración a pequeña escala alimentado con cultivos energéticos para la generación combinada de calor, frío y electricidad para evaluar la capacidad de satisfacer los requerimientos establecidos por el REE cuando se le hace operar con diferentes fluidos y temperaturas.
- Integración y difusión de los resultados para incrementar la participación de la biomasa en la satisfacción de las demandas térmicas y eléctricas en los sectores doméstico y terciario. Este objetivo también persigue socializar el uso de los cultivos energéticos tanto para la satisfacción de la demanda térmica como para la generación combinada de energía térmica y energía eléctrica, disminuyendo las barreras que pueden frenar su incorporación al mercado energético nacional.

b.1) Estado del arte y justificación de los objetivos

En la actualidad el sector doméstico constituye el de mayor consumo de energía en Europa, con algo más de un 40% del consumo total de energía primaria. De esta cantidad, alrededor de un 85% de la misma se corresponde a energía térmica destinada a la climatización de las viviendas. Por otra parte, el consumo de energía final del Sector Servicios en la UE-27 supuso en 2006 el 15,2% de la energía final consumida, y el conjunto sector residencial-servicios el 41,1% de la energía final consumida en 2006 (EUROSTAT). En el sector doméstico y terciario la demanda crece cerca de un 1% anual desde 1990, valor mayor si solo se considera la UE-15 debido al mayor equipamiento de los hogares y al tamaño de los mismos, aunque esta evolución está muy condicionada por las condiciones climáticas (Secretaría de Estado de la Energía, 2008).

La utilización de la biomasa como combustible en los sectores doméstico y terciario constituye en la actualidad, la alternativa más sostenible para este recurso. La climatización de estos

sectores con biomasa presenta ventajas muy notables con respecto a otras aplicaciones energéticas de estos recursos en términos de balance energético y de ahorro de emisiones de efecto invernadero cuando se compara frente a las tecnologías análogas basadas en combustibles fósiles. Además, bajo un punto de vista meramente económico, los biocombustibles sólidos son competitivos con las fuentes de energía tradicionales, más si cabe si se considera la gran subida experimentada por los productos petrolíferos en los últimos años, que está favoreciendo aún más dicha competitividad. Esta situación determina que el empleo de la biomasa en los sectores considerados sea, en su conjunto, una aplicación competitiva en España y, en general, en la UE a pesar de los precios más altos de los equipos de combustión de biomasa frente a los homólogos que utilizan combustibles fósiles.

Esta realidad se está demostrando en países en los que se han puesto en marcha medidas incentivadoras eficaces que han servido para minimizar los riesgos derivados de la necesidad de desarrollo inicial del mercado y, en definitiva, para atraer el interés de las empresas y de los consumidores hacia las instalaciones de biomasa. Si se toma el ejemplo de Austria, uno de los países pioneros y más exitosos en Europa en favorecer la introducción de la biomasa en el sector doméstico, en 2006 más de un 20% de la demanda térmica de dicho sector se satisfizo con biomasa. El número de calderas de biomasa que se instala anualmente en ese país desde el año 2001 está entre las 7.000 y las 10.000, de las cuales, alrededor de 5.000 unidades/año usan pélets como combustible (Oberberger, 2006; Ordner, 2006). En Alemania, el despegue en la instalación de calderas de pélets se dio en el año 2005 y desde ese año se instalan más de 7.000 calderas/estufas (menores de 100 kW_e) anualmente. Francia sigue similares pautas a las de Alemania y en Italia se vendieron en 2005 90.000 estufas de pélets de biomasa, cifra que aumentó en 2006 hasta las 220.000 unidades (Rubick, 2007). En España, con incentivos insuficientes hasta la fecha, el mercado de equipos de biomasa no logra despegar claramente aunque de persistir los altos precios actuales de los combustibles fósiles, se ha estimado un potencial de consumo en torno a 1,6-2,0 Mt de pélets de biomasa en 2020 (en la actualidad dicho consumo es de unas 5.000 t/año, con una producción en torno a 25.000 t/año, que se exportan en su mayoría). La producción mundial de pélets de biomasa creció desde 1,5 Mt en 2000 hasta 13 Mt en 2007 y la demanda sigue aumentando en estos últimos años a un ritmo exponencial. Los pélets, a pesar de tener un costo superior a las astillas de madera, constituyen el tipo de biocombustible sólido más adecuado para su empleo en situaciones urbanas por sus características de menores requerimientos de espacio para su almacenamiento, su más fácil manejo y sus menores niveles de emisiones que las astillas y otros biocombustibles.

Como consecuencia de lo anterior, se está convirtiendo en algo cada vez más problemático, no solo en España y en la UE sino a nivel mundial, la disponibilidad en el mercado en cantidades y precios asumibles de los biocombustibles sólidos que cubran dicha demanda y que se basan, principalmente, en las astillas de madera y en los ya mencionados pélets, generalmente producidos de biomasa residual, por lo general seca, de la industria de la madera de segunda y tercera transformación. La escasez viene motivada porque el incremento en el uso de los biocombustibles está ocasionando un agotamiento de las biomásas tradicionalmente empleadas en su producción (serrines de madera) que, por otra parte, tienen mercados alternativos que compiten con el energético. Por esta razón, ya en 2005 se produjo un desabastecimiento importante de pélets en Estados Unidos. Además, en líneas generales, la escasez de materias primas está causando un significativo incremento de su precio.

Para poder dar una respuesta satisfactoria al cumplimiento de las expectativas generadas para la biomasa en los sectores considerados, en España en particular, se hace necesario, en primer lugar, el poder disponer en este mercado de recursos de biomasa distintos a los actuales, que vengan a satisfacer tanto en la cantidad como en el precio de venta los requerimientos marcados por la demanda del mercado.

Sin embargo, esta incorporación de nuevos materiales se prevé que deba ser a costa de introducir biomasa de características menos idóneas que las actuales para la fabricación de los nuevos biocombustibles, lo que se traduce en la necesidad de realizar un desarrollo tecnológico que sirva para incorporar a la nueva biomasa al mercado con los altos estándares de eficiencia y de emisiones actuales y con unos costos competitivos de la energía final producida.

Como principales problemas asociados a la incorporación de las nuevas materias primas se pueden identificar, por una parte, el empleo de materiales húmedos, que será preciso secar hasta unos límites en torno a 10-15% (en base húmeda), tanto para la producción de astillas de alta calidad y estandarizadas, como para la producción de pélets. Esta operación está asociada a un incremento en los costos de fabricación que habrá que tratar de minimizar.

El segundo problema se deriva de un aumento en el contenido de cenizas en las nuevos recursos de biomasa producidos, bien por su naturaleza herbácea (hasta ahora solo se utilizan biomasa leñosa) y/o por un manejo inadecuado durante su recolección en campo y su almacenamiento que ocasione la incorporación de impurezas (tierra, piedras, arena, trozos de metal, etc.) a las materias primas. El aumento en el contenido de cenizas, que en el caso de las biomásas herbáceas está acompañado por un alto contenido relativo en potasio y una alta relación K/Ca, determina fenómenos de sinterización muchas veces intensos durante la combustión de estos recursos biomásicos, lo que encarece los costos de inversión y de mantenimiento de las calderas debido a la necesidad de introducir modificaciones en el diseño y materiales de construcción las mismas, así como a una mayor frecuencia de limpieza. En el subproyecto 3 del PSE On Cultivos se han observado incrementos medios en el contenido de cenizas de la colza por impurezas de 4 puntos porcentuales respecto a la biomasa sin ellas y de 2-3 puntos porcentuales promedio en el chopo. Esta circunstancia ha causado, además, una peor combustión de los recursos, principalmente en aquellos equipos no dotados de sistemas automáticos de evacuación de las cenizas o de limpieza de las superficies de intercambio.

Teniendo en cuenta la situación descrita, en el subproyecto 3 del PSE On Cultivos se iniciaron una serie de actividades encaminadas a tratar de dar alternativas realistas al empleo de nuevos biocombustibles herbáceos, tomándose en consideración materiales procedentes de diferentes cultivos energéticos, por el gran potencial de estos cultivos y por ser tipos de biomasa menos conocidos en su proceso de combustión que otras herbáceas, como la paja procedente del cosechado de los cereales. Asimismo, fundamentalmente debido por su potencial como fuente de biomasa en España, se consideró para su estudio la biomasa de chopo (leñosa).

Una de dichas alternativas consistió en la monitorización realizada por el CIEMAT de tres calderas piloto de biomasa del sector doméstico de diferentes tecnologías comerciales para verificar la posibilidad de introducir los nuevos biocombustibles en los sistemas actuales de combustión sin modificaciones o, al menos, con unos costos asumibles de adaptación. Asimismo, con pélets de chopo seleccionados a partir de los anteriores, el CIEMAT realizó la monitorización de diez calderas del sector doméstico en condiciones reales. Las instalaciones situadas en comunidades de vecinos fueron operadas por BioEbro S.L.

Los resultados obtenidos utilizando biomásas de colza, sorgo, cardo (herbáceas) y la ya citada de chopo (leñosa), permiten afirmar que, excepto en el caso de la materia prima leñosa y siempre que no contenga demasiadas impurezas, la combustión de las biomásas estudiadas en calderas comerciales, aún teniendo en cuenta la mejora que supone la peletización, ofrece diferentes problemas relacionados en primera instancia con el hecho de que dichas calderas han sido diseñadas para utilizar los pélets comerciales actuales, con contenidos en cenizas muy inferiores. Se ha comprobado, asimismo, que la adición a los nuevos biocombustibles de biomásas herbáceas de productos inorgánicos como la caliza, aunque mejora los problemas de

ensuciamiento y escorificación, empeora el proceso desde el punto de vista de la mayor cantidad de cenizas que hay que manejar.

Por otro lado, se ha verificado que no es factible la utilización de las biomásas herbáceas con o sin caliza en pequeñas calderas o estufas en las que no existan elementos para evitar la formación de sinterizados, tanto en el quemador como en los tubos de intercambio de calor. Para calderas con sistemas automáticos de limpieza, es posible usar con menos dificultades pélets de calidades bajas, como los obtenidos con los cultivos herbáceos.

En cualquier caso, la conclusión principal obtenida de este estudio se refiere a la necesidad de desarrollar y utilizar sistemas de combustión diseñados teniendo en cuenta las características específicas de este tipo de biocombustibles.

La conclusión descrita sugiere el continuar con otra de las alternativas ya iniciadas en el citado subproyecto 3: el desarrollo de sistemas de combustión específicamente diseñados para las biomásas herbáceas de los cultivos energéticos. Dentro de dicho subproyecto los participantes en esta propuesta, LASIAN (en colaboración con la Fundación CIRCE e investigadores de la Universidad de Zaragoza), han llevado a cabo el desarrollo de una caldera para materiales herbáceos en la que han logrado utilizar con resultados aceptables de eficiencia y emisiones pélets de brassica carinata (herbácea). Varias de las medidas y acciones implementadas en el proyecto se han incorporado a la gama comercial de LASIAN denominada BIOSELECT.

Con respecto al primer problema relacionado con la utilización de nuevas materias primas, el del secado, la producción de pélets precisa la utilización de biomasa finamente molida y con un grado bajo de humedad. Habitualmente se precisa que la humedad sea inferior al 12% en base húmeda y que el agua esté uniformemente distribuida en la materia. El gran aumento en el consumo de pélets a nivel mundial ha hecho que las plantas de producción hayan empezado a incorporar secaderos térmicos, generalmente de tipo trómel. Necesidades análogas de secado presenta la producción de astillas de calidad controlada destinadas al mercado doméstico.

Sin embargo, las instalaciones de secado térmico son complejas y tienen costes de explotación muy importantes. También se trata de instalaciones sometidas a la normativa ATEX de Atmósferas Explosivas, con riesgos de autoignición, explosión, etc. Los estudios realizados por el CEDER-CIEMAT dentro del subproyecto 3 del proyecto On Cultivos, así como los datos obtenidos por fabricantes de secaderos térmicos convencionales (de cascada y de banda) y otros estudios realizados en este campo indican que para biomasa con humedad entre el 40 y el 50% b.h., el consumo de energía en el secado en porcentaje del PCS del combustible, se sitúa entre el 15% y el 20% y los costos para la realización del proceso suponen un 20-25% de los totales de fabricación de los pélets (datos para Alemania y en fábricas de 50.000 t/año). Se hace, por tanto, preciso, acometer desarrollos para reducir los importantes costes de esta operación. En este sentido, el secado de biomasa utilizando la energía solar consiste en un secado bajo invernadero con techos de plásticos o cristales transparentes y como el aporte solar no puede cubrir el 100% de la energía necesaria para una producción estable de biomasa seca a lo largo del año, este tipo de instalaciones deberá, asimismo, disponer de otra fuente de energía térmica que, en el caso de este proyecto, es la propia biomasa.

Lo expuesto justifica los hitos 1, 2 y 3 de esta propuesta, que se relacionan con el desarrollo del secado solar de la biomasa como alternativa a los sistemas térmicos tradicionales, así como el de la tecnología de combustión para materiales herbáceos, teniendo en cuenta el prototipo de combustión ya desarrollado anteriormente en el PSE On Cultivos. Estas actividades han sido definidas y son continuación de las realizadas en el subproyecto 3 y su objetivo es cubrir las metas previstas en dicho subproyecto referentes al desarrollo de la biomasa térmica en el sector doméstico.

Por otra parte, aunque muy relacionado con lo expuesto anteriormente, el hito 4 recoge la continuación del subproyecto 6b del citado PSE On Cultivos, destinado a la trigeneración en plantas de pequeña escala con biomasa. Los sistemas de trigeneración de pequeña potencia basados en la combustión de biomasa permitirían incidir en la descentralización del consumo (disminuyendo de esta forma los problemas asociados a la dispersión de los recursos y a su logística hasta la planta); aumentar la eficiencia global de la conversión y el tiempo total anual de funcionamiento del equipo (y con ello, la viabilidad de la instalación de generación térmica); e incrementar el mercado potencial alcanzable al satisfacer en una misma instalación distintos requerimientos energéticos finales (favoreciendo con ello su posible penetración en el mercado). Los resultados de este subproyecto han permitido constatar que todavía es necesario acometer ciertos esfuerzos en el desarrollo de equipos que demuestren por su comportamiento, la fiabilidad y la garantía de rendimiento necesarios para que su despegue sea definitivo, especialmente cuando se opera con combustibles complejos como los procedentes de cultivos energéticos. No solo es necesario incorporar mejoras en el equipo de conversión térmico, también en los equipos de intercambio térmico, en la selección de los fluidos de trabajo que operan el ORC o en la optimización de la configuración finalmente adoptada de modo que se pueda garantizar la generación combinada de energía con estos combustibles satisfaciendo en todo momento el Rendimiento Eléctrico Equivalente (REE).

En todos los casos, aunque en los trabajos desarrollados en el hito 4 también conduzcan a la generación de frío y electricidad (ampliando por otra parte el mercado de la utilización energética de los pélets de cultivos energéticos o de las astillas de cultivos leñosos) se trata del desarrollo de instalaciones térmicas aplicables en los sectores doméstico y terciario, por lo que se ha considerado su agrupamiento en una sola propuesta.

b.2) Carácter innovador de los objetivos

- Secadero solar

Actualmente no existen en el mercado instalaciones industriales para el secado de biomasa usando el concepto solar asistido. Solo se pueden encontrar instalaciones comerciales de gran tamaño para el secado de lodos de depuradora que se componen de grandes superficies de invernaderos y en las que se realiza el secado básicamente mediante el aporte de la radiación solar, por lo que la producción de material seco no es constante en el tiempo.

El carácter innovador de este objetivo se basa, por tanto, en la integración de sistemas de aporte de calor renovable solar-biomasa mediante un diseño que permita la producción estable y constante en términos de humedad diaria y estacional maximizando el aporte de energía solar frente a la utilización de biomasa.

- Comparación de calderas, mejora de las mismas. Desarrollo de un quemador de alimentación horizontal para cultivos energéticos que se pueda adaptar a calderas ya existentes.

Pocas de las calderas comerciales diseñadas para biomasa disponibles en el mercado energético nacional incorporan sistemas de autolimpieza de las superficies de intercambio ni sistemas de tratamiento de los gases. Las líneas de I+D+i que citan los programas Europeos para las aplicaciones de la biomasa van por estas líneas, especialmente por las segunda de ellas. Esta propuesta tiene entre sus objetivos diseñar e incorporar sistema de tratamiento de gases y sistemas de limpieza de las superficies de intercambio que posibiliten que los productos comerciales generados estén en la línea de innovación que se pretende para estos productos en un futuro cercano.

Por otra parte, la utilización de quemadores de alimentación horizontal que incorporen sistemas de autolimpieza y de eliminación de cenizas con combustibles complejos, como los

procedentes de cultivos energéticos, aptos además para calderas ya existentes e instaladas en cuartos de calderas, es una iniciativa novedosa e innovadora que facilitaría la incorporación de la generación térmica con biomasa en instalaciones basadas en combustibles fósiles. La clave de su éxito radicarán en el correcto funcionamiento del sistema de eliminación de cenizas y de limpieza de los conductos de intercambio cuando se opere con combustibles con alta tendencia a la sinterización y escorificación.

- Adaptación y optimización de un sistema de trigeneración de cultivos energéticos

El carácter innovador de este objetivo está fundamentado en la integración y la optimización de un sistema de trigeneración a pequeña escala utilizando cultivos energéticos como combustible. La adaptación del sistema de combustión y la optimización de la generación combinada de energía mediante, entre cosas, la selección del fluido idóneo que permita garantizar el REE incluso con combustibles complejos, para sistemas de baja potencia es un aspecto que todavía no se ha conseguido.

c) Mercados a los que van dirigidos los desarrollos

El secadero solar asistido tiene importantes aplicaciones en el secado de biomasa para usos energéticos donde está especialmente indicado en las industrias de fabricación de biocombustibles peletizados y en las de astillas de calidad estandarizada. En ambos casos se requiere un flujo constante de biomasa seca y con una humedad homogénea. También se puede utilizar en otras aplicaciones de secado de industrias alimentarias, extractivas, etc.

La aplicación considerada puede hacerse en áreas geográficas muy importantes y, principalmente en aquellas zonas con un mayor aporte de radiación solar, como es el caso de los países del entorno mediterráneo y África, Oceanía, Asia, Sur de Estados Unidos y Méjico.

Asimismo, puede existir un mercado potencial interesante también en determinadas zonas de países del centro de Europa donde la radiación solar recibida es menor, pero el interés por el ahorro energético y la reducción de emisión de GEI es muy elevado.

El mapa adjunto (Figura 1) indica el valor medio anual de la radiación solar que llega la superficie de la tierra.

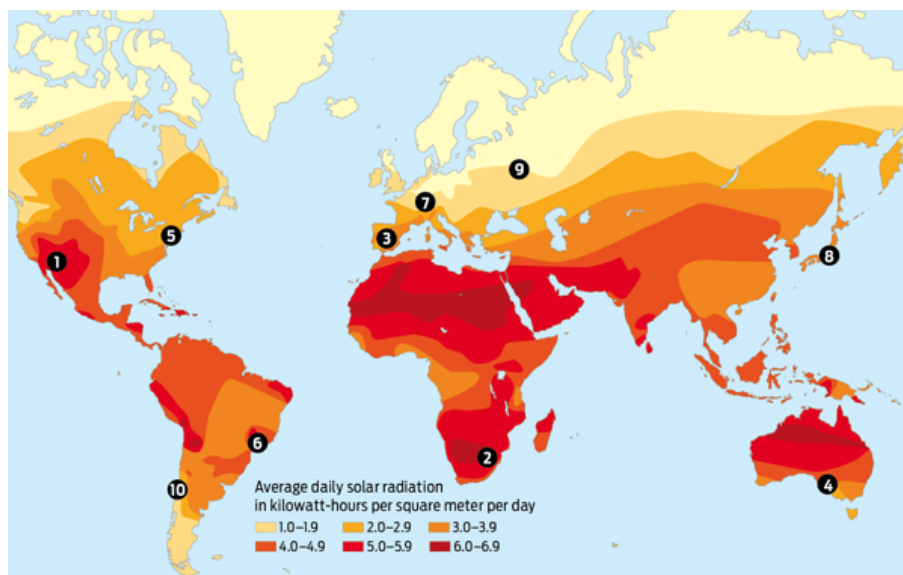


Figura 1. Radiación solar media recibida a nivel del suelo.

Por otra parte, el quemador de alimentación horizontal permitirá sustituir en muchas aplicaciones en las que no es sencillo hacerlo de otra manera a los sistemas basados en

combustibles fósiles. El espacio es en muchas ocasiones un factor limitante, por lo que un quemador que satisfaga con garantías las condiciones de funcionamiento, seguridad, limpieza, eficiencia y emisiones permitirá incrementar la participación de esta fuente de energía renovable en la satisfacción de la demanda de climatización en el sector residencial.

Los avances que se van a desarrollar en los equipos de la gama BIOSELECT, adaptándolos a los nuevos cultivos energéticos que se están barajando en el PSE On Cultivos, incluso incorporándoles las medidas que provengan de la comparación de equipos efectuada permitirán abastecer con mejores garantías de operación las demandas térmicas en muchas aplicaciones del sector terciario (industrias, granjas, escuelas, hospitales). La adaptación al funcionamiento del equipo con astillas y no solo con pélets, ampliará el mercado de estos equipos.

Por último, el desarrollo que se va a acometer en los sistemas de trigeneración permitirá abastecer la climatización de muchas instalaciones con sistemas basados en la combustión de biomasa. El incremento del número de horas que la unidad estará operativa (climatización tanto en invierno como en verano) y la generación de electricidad permitirá aumentar la viabilidad económica de estas instalaciones. Muchas aplicaciones en las que se requiere calefacción en invierno y refrigeración en verano y que actualmente se abastecen por medio de instalaciones basadas en combustibles fósiles podrán ser satisfechas con biomasa.

d) Patentes

Se espera obtener por lo menos una patente global sobre el secadero en su conjunto y, adicionalmente, sobre el diseño de algunos elementos internos del mismo.

Además, se espera obtener al menos otra patente en los sistemas desarrollados en los equipos de generación de energía térmica.

e) Mejora del Sector

El proyecto presentará una mejora sustancial en el conjunto del sector de producción de pélets de biomasa y astillas secas debido a que el elemento que más encarece actualmente las plantas industriales es el secadero y el proceso de secado en sí, tanto en cuanto a la cantidad de la inversión inicial como a los costes de mantenimiento, operación y seguridad. El secadero que se va a desarrollar se prevé tenga unos costes de inversión inferiores a un secadero convencional (se estima que hasta un 30% menos), los costes de operación y mantenimiento serán también netamente inferiores y las medidas de protección y vigilancia de incendios se minimizan al trabajar con temperaturas menores de 80° C.

El secado forzado es necesario en todas las plantas de producción de biocombustibles sólidos debido a la necesidad de utilizar materia prima con un grado de humedad bajo y estable a la entrada de las prensas y es uno de los mayores inconvenientes para la decisión de construcción de nuevas instalaciones de fabricación de pélets. El secadero que se va a desarrollar, de obtenerse los resultados previstos, puede constituirse, en un elemento tractor para este tipo de empresas en España y es exportable a otros muchos lugares dónde su aplicación puede ser viable bajo un punto de vista tecnoeconómico, como se acaba de indicar.

En lo que hace referencia a los equipos de conversión térmica, la adaptación de los mismos a los nuevos combustibles que se están planteando como alternativa en el sector agrícola; la adecuación de los sistemas de alimentación y de transformación al formato pélets o astillas; la incorporación de sistemas de limpieza de los gases o de limpieza de las superficies de intercambio hará de estos equipos que sean mucho más competitivos frente a los sistemas basados a los combustibles fósiles. Disponer en el mercado de sistemas fiables, que no tengan

problemas de operación ni de emisiones siendo viables económicamente permitirá no solo incrementar su cuota de mercado, también posibilitará que se incremente la demanda de materia prima procedente de los cultivos, es decir, tanto el sector de producción de la biomasa como el de aprovechamiento se verán beneficiados.

Este último factor hace que sea imprescindible integrar en su conjunto cada una de las actividades de este proyecto, unas de ellas destinadas a optimizar la cadena de producción y otras dedicadas a mejorar y ampliar el mercado de su aprovechamiento térmico. Disponer de sistemas optimizados y competitivos en la producción y en la transformación de los pélets y las astillas para satisfacer demandas de calor, frío y producción de electricidad puede ser la punta de lanza del avance de la biomasa en los sectores residencial y terciario en España, y con ello, también en otros sectores.

2) Descripción, estructura y calendario del proyecto

Para alcanzar los objetivos planteados, en el presente proyecto se propone la realización de los siguientes cinco hitos:

- **Hito 1: Desarrollo de un secadero solar asistido para biomasa**

Este primer hito persigue desarrollar un secadero piloto calentado exclusivamente por fuentes de energía renovable (solar y biomasa) para reducir la humedad de la materia prima biomásica. El producto seco final tendrá la humedad en los rangos admisibles para el proceso de peletización de biomasa (normalmente inferiores al 12% b.h.) y que también son adecuados para las astillas de calidad de madera utilizables en el sector considerado.

- **Hito 2: Utilización de cultivos energéticos en calderas ya existentes. Análisis comparativo de resultados y realización de mejoras**

Este hito persigue la producción de pélets de cultivos energéticos, tanto herbáceos como leñosos, y su utilización en distintas tecnologías existentes, incluidas las adecuadas para biomasa de tipo herbáceo. El objetivo principal es demostrar la viabilidad técnica de los cultivos energéticos para la generación de energía térmica en el sector doméstico y terciario. Así, se realizará la evaluación técnica comparativa utilizando en lo referente a emisiones, eficiencia y necesidades de mantenimiento de la caldera desarrollada previamente en el marco del subproyecto 3 del PSE On Cultivos (denominada BioSelect) y una caldera comercial no nacional adecuada para el uso de recursos herbáceos.

- **Hito 3: Desarrollo de un quemador de alimentación horizontal para cultivos energéticos, que se pueda adaptar a calderas ya existentes**

Este hito tiene por objetivo principal el desarrollar y comercializar un producto innovador que la empresa LASIAN Tecnología del Calor S.L. propone sacar al mercado. Este producto consiste en un quemador de alimentación horizontal, que pueda ser instalado en calderas ya existentes y sea capaz de quemar pélets con altos contenidos en cenizas, cumpliendo la normativa vigente acerca de rendimiento y emisiones gaseosas y de partículas. Este quemador será desarrollado para que opere adecuadamente con cultivos energéticos.

- **Hito 4: Adaptación y optimización de un sistema de trigeneración de cultivos energéticos**

Este hito persigue, a través del estudio de diferentes fluidos orgánicos, la adecuación del módulo de generación de trabajo (ORC) con su sistema de activación (caldera de

biocombustibles sólidos) a la configuración óptima del sistema de trigeneración, teniendo en cuenta los niveles térmicos de cada componente.

- **Hito 5: Coordinación, integración de resultados, conclusiones y difusión**

En este hito se tendrán en cuenta cada uno de los resultados obtenidos de los hitos previos para su integración y consiguientes conclusiones. Se incluye también como parte de esta actividad la campaña de difusión de las tecnologías desarrolladas y de los avances y resultados que se realizará durante todo el proyecto.

Los cinco hitos en los que se estructura este proyecto se describen en detalle en el siguiente apartado. A continuación se muestra el cronograma del proyecto.

INNPACTO "On 3 Bioterm"		2010	2011				2012				2013				Entidad Responsable	Entidades colaboradoras
		T4	T1	T2	T3	T4	T1	T2	T3	T4	T1	T2	T3	T4		
Hito 1	Desarrollo de un secadero solar asistido para biomasa														CIEMAT	
1.1	Diseño de la instalación de secado														CIEMAT	BioEbro
1.2	Construcción del secadero														BioEbro	CIEMAT
1.3	Puesta a punto y caracterización de la instalación														CIEMAT	BioEbro
Hito 2	Utilización de cultivos energéticos en calderas ya existentes. Análisis comparativo de resultados y realización de mejoras														UZ	
2.1	Ensayos de peletización														CIEMAT	
2.2	Ensayos de combustión en tecnología extranjera														CIEMAT	
2.3	Pruebas con pélets de C.E. herbáceos en BioSelect 430														UZ	
2.4	Pruebas con astillas de C.E. leñosos en BioSelect 430														UZ	LASIAN
2.5	Sistema de captura de partículas en chimenea														UZ	LASIAN
Hito 3	Desarrollo de un quemador de alimentación horizontal para cultivos energéticos, que se pueda adaptar a calderas ya existentes														LASIAN	
3.1	Diseño y Construcción del Prototipo														LASIAN	UZ
3.2	Evaluación del comportamiento														LASIAN	UZ
3.3	Sistema limpieza pasos de humos														LASIAN	UZ
3.4	Versión final														LASIAN	UZ
Hito 4	Adaptación y optimización de un sistema de trigeneración de cultivos energéticos														UZ	
4.1	Determinación del fluido orgánico														UZ	
4.2	Adaptación del ORC														UZ	LASIAN
4.3	Adaptación de la instalación de trigeneración														UZ	LASIAN
4.4	Realización de pruebas														UZ	
Hito 5	Coordinación, integración de resultados, conclusiones y difusión														CIEMAT	
5.1	Elaboración de materiales para difusión														CIEMAT	UZ/LASIAN/BioEbro
5.2	Difusión a través de la página WEB														CIEMAT	UZ/LASIAN/BioEbro
5.3	Transferencia de resultados a organismos														CIEMAT	UZ/LASIAN/BioEbro

HITO 1. DESARROLLO DE UN SECADERO SOLAR ASISTIDO PARA BIOMASA

RESPONSABLE: CIEMAT

ENTIDADES PARTICIPANTES EN ESTE HITO:

- CIEMAT: responsable del Hito 1.
- BioEbro S.L.: participa en las Tareas 1.1 y 1.3, y es responsable de la Tarea 1.2.

OBJETIVOS: el objetivo principal de este hito es el desarrollo de un secadero piloto calentado exclusivamente por fuentes de energía renovable (solar y biomasa) para reducir la humedad de la materia prima biomásica. El producto seco final tendrá la humedad en los rangos admisibles para el proceso de peletización de biomasa (normalmente inferiores al 12% b.h.) y que también son adecuados para las astillas de calidad de madera utilizables en el sector considerado

Con el fin de lograr dicho objetivo se fijarán objetivos parciales que se enumeran a continuación:

- Se diseñará una instalación de secado.
- Se construirá el secadero.
- Se pondrá en marcha y se caracterizará la instalación.

METODOLOGÍA:

Tarea 1.1 Diseño de la instalación de secado (CIEMAT)

El secadero será construido en las instalaciones de BioEbro S.L. para que pueda producir una media de 2000 kg/h de biomasa al 12% de humedad (b.h.), partiendo de una humedad media inicial del 35% (b.h.)

Para conseguir una producción mínima horaria de biomasa seca, el secadero contará con una combinación de fuentes de energía: solar térmica por radiación directa, solar térmica indirecta a través de colectores y térmica de biomasa mediante suelo radiante y/o convección además de un sistema interno de movimiento de material que permita variar el flujo del mismo en función de la producción requerida. Se estima que el aporte solar supondrá entre el 20 y el 30% de la energía total suministrada, lo que supondrá un ahorro considerable en energía y recursos económicos.

En el secadero, se integrarán varios sistemas de generación de calor con energías renovables: invernadero solar, colectores solares de aire caliente y caldera de biomasa con aire caliente y/o con agua caliente.

Se diseñará también un sistema móvil para la remoción del lecho de biomasa que gestione el avance de la misma dentro del invernadero.

Se diseñará un sistema de control que integre los distintos sistemas para que la velocidad de avance del material (ratio horario de producción) del secadero sea lo más estable posible.

Algunos parámetros de diseño para esta instalación serán obtenidos de los resultados obtenidos en una instalación piloto de secado solar de biomasa que en la actualidad está construyendo el CIEMAT en su Centro de Lobia (Soria). Se trata de una instalación formada por una estructura de invernadero de madera y paredes acristaladas con vidrio de 5 mm de espesor. La dimensión del canal de secado es de 3.700 x 19.000 mm (Figura 2). Su producción estimada es de 500 kg/h de biomasa seca a 12% de humedad. Este secadero, no obstante, tiene una concepción diferente en algunos elementos fundamentales al que se pretende desarrollar en este proyecto, como es el

caso del sistema de calentamiento térmico. Para terminar su construcción es necesario aún dotar a la instalación con algunos elementos sensores para la toma de datos de humedades, temperaturas y flujos dentro del secadero cuya adquisición se solicita al proyecto.



Figura 2. Secadero solar asistido para 500 kg/h en fase de construcción en el CEDER-CIEMAT (Soria).

El diseño del secadero objeto de esta actividad será realizado por el CIEMAT con la asistencia de BioEbro S.L. durante los 8 primeros meses del proyecto.

Tarea 1.2 *Construcción del secadero (BioEbro S.L.)*

El proyecto de secadero realizado durante los ocho primeros meses del proyecto será construido en las instalaciones de BioEbro S.L.

BIOEBRO S.L. dispone de una instalación para la producción de pélets con una capacidad de 2.000 kg/h formada por un parque de recepción y manejo de biomasa, una planta de cribado y molienda y una planta de peletizado y ensacado de los pélets. El secadero, con una superficie aproximada de 200 m² se ubicará en el parque de recepción de biomasa

La fase de construcción durará 6 meses y será acometida por BioEbro S.L. con el apoyo del CIEMAT.

Tarea 1.3 *Puesta a punto y caracterización de la instalación (CIEMAT)*

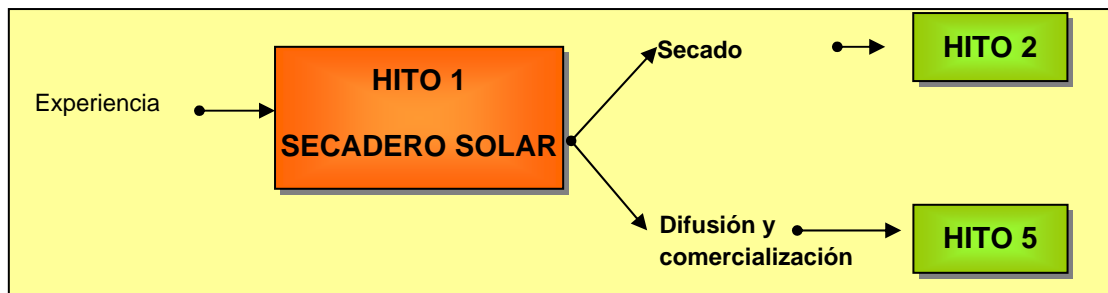
Tras la construcción será preciso un periodo de puesta a punto en el que fundamentalmente se deben ajustar los ritmos de funcionamiento e integración de la energía solar con el aporte de la energía térmica de la caldera de biomasa. Los ajustes se realizarán a nivel del sistema de control y de los elementos mecánicos del secadero cuando sea necesario.

La fase de ajuste y caracterización durará 24 meses. Se llevará a cabo el estudio del comportamiento de la instalación en dos periodos anuales de forma que se pueda realizar una valoración del porcentaje de aporte solar durante dos años distintos. Se realizará una caracterización de los valores del aporte

solar estacional y se concluirá con una valoración de las ventajas/inconvenientes de este secadero y su viabilidad frente a los convencionales. Se realizará también una propuesta de medidas que puedan repercutir en una mejora de la eficiencia y otros aspectos del sistema de secado que puedan surgir durante la fase de caracterización de la instalación, y los resultados obtenidos se compararán con los del secadero piloto del CEDER que se ha descrito en el punto 1.1.

En estos ensayos se utilizarán como mínimo biomásas de sorgo y chopo, recolectadas en verde y que se podrán someter a un proceso previo de secado natural a fin de disminuir su humedad inicial. Se investigará los efectos sobre los parámetros de secado de la granulometría y contenido en humedad inicial de los materiales.

Será responsable de esta actividad el CIEMAT que llevará a cabo con la colaboración de BioEbro S.L.



DURACIÓN: 39 meses.

ENTREGABLES:

- Informe de los resultados de la puesta en marcha del secadero solar asistido (disponible ago-2011).
- Informe de los resultados de los ensayos de secado solar de las biomásas seleccionadas (disponible dic-2013).
- Prototipo de secadero solar asistido piloto para biomásas (disponible dic-2013).

PERSONAL:

- BioEbro S.L. cuenta con los medios necesarios para la realización del proyecto: personal propio contratado con experiencia y personal subcontratado, ingeniería propia y vehículos para el transporte y acopio de materiales que se vayan a utilizar en el secadero solar piloto.
- CIEMAT: intervendrán en esta tarea cuatro titulados superiores (uno de ellos a contratar por el proyecto) y un auxiliar de planta, todos ellos con experiencia previa y que ya han participado en las mismas tareas en el subproyecto 3 del PSE On Cultivos. Por otra parte, intervendrán 0,15 titulado superior por año más 1 titulado superior/año a contratar.

MATERIALES Y EQUIPOS:

- BioEbro S.L. se ha instalado recientemente en el CLB (Centro Logístico de Biomasa) de Zaragoza. Esta ubicación le permite tener un acceso directo al movimiento logístico de biomasa sólida en la ciudad, con lo que puede trabajar cómodamente con una gran diversidad de materias primas. También cuenta con una fábrica de pélets de cultivos energéticos y que fue adquirida en el marco del PSE On Cultivos como instalación demostrativa para el peletizado de ese tipo de materiales. Esta instalación se utilizará, en su caso, para ensayar los materiales obtenidos en el secadero solar piloto, una vez secos.
- El CIEMAT aportará la caldera de biomasa que servirá para producir la energía térmica al secadero solar piloto y que fue adquirida en el marco del subproyecto 3 del PSE On

Cultivos. Además, para la correcta ejecución del presente hito de deberán adquirir los siguientes materiales:

- Material para construcción de tolva e instalación de caldera
 - Biomasa para secadero y caldera
 - Repuestos plantas piloto
 - Materiales de laboratorio, gases, reactivos químicos
 - Material eléctrico para secadero piloto y caldera
 - Sondas y sensores para secaderos
 - Materiales para soporte e instalación de colectores
 - Material construcción colectores de aire
- Por otra parte, CIEMAT requiere de la compra de los siguientes equipos:
- Medidor de humedad en línea para secadero

HITO 2. UTILIZACIÓN DE CULTIVOS ENERGÉTICOS EN CALDERAS YA EXISTENTES. ANÁLISIS COMPARATIVO DE RESULTADOS Y REALIZACIÓN DE MEJORAS

RESPONSABLE: UNIVERSIDAD DE ZARAGOZA

ENTIDADES PARTICIPANTES EN ESTE HITO:

- UNIVERSIDAD DE ZARAGOZA: responsable del Hito 2.
- CIEMAT: responsable de las Tareas 2.1 y 2.2.
- LASIAN Tecnología del Calor S.L.: participa en las Tareas 2.4 y 2.5.

En el presente Hito se persigue la continuación y mejora del Subproyecto 3 del PSE On Cultivos, y en particular de la Actividad 3.3 de desarrollo de un prototipo de caldera nacional adecuado para pélets provenientes de cultivos energéticos. En los dos últimos periodos del PSE On Cultivos se ha desarrollado una nueva tecnología de parrilla integrada en una cámara de combustión de chapa de acero refrigerada por agua, de potencia nominal 250 kW_t, la llamada *BioSelect*. En el nuevo laboratorio de la Universidad de Zaragoza se ha escalado esta tecnología a 430 kW_t y se han implementado una serie de mejoras (parrilla más ancha, doble aire primario, etc.). Así, en este Hito se pretende ensayar esa nueva instalación con distintos pélets de cultivos energéticos, en especial, los que proceden de cultivos herbáceos, difíciles de quemar en pequeñas aplicaciones si no están previamente peletizados. Otro punto importante del presente Hito es la adecuación del sistema de combustión a los combustibles astillados. En efecto, desde un punto de vista de la economía de la instalación de combustión y sobre todo en el caso de pequeñas aplicaciones, resulta muy influyente el precio de la biomasa sólida a quemar. Por ello, se demandan cada vez más instalaciones flexibles, en cuanto a combustible se refiere, capaces de quemar tanto pélets como astillas u otros residuos forestales y agro-alimentarios. En conclusión, se persigue la obtención de un producto flexible, a la vez que robusto y eficiente.

Por otra parte, y con el motivo de comparar esa nueva tecnología nacional, se propone comparar los resultados obtenidos con una tecnología existente, probablemente procedente de otro país europeo con más experiencia en este tipo de equipos funcionando con los mismos biocombustibles complejos. La comparación de los resultados obtenidos permitirá retroalimentar otras actividades desarrolladas en el proyecto.

Finalmente, durante todas las pruebas anteriores se hará especial hincapié en un parámetro de cada vez más importancia: las partículas. En efecto, como bien se sabe la cantidad de partículas emitidas durante la combustión de biomasa sólida suele ser muy elevada y representa un riesgo importante para la salud. En particular, en el caso de aplicaciones al sector doméstico y terciario, las instalaciones de combustión se localizan en los cascos urbanos, por ejemplo, y son una fuente potencial de contaminación importante. Así, un objetivo de este hito es la medición y minimización de la cantidad de partículas emitidas por la BioSelect 430 de LASIAN Tecnología del Calor S.L. Como resultado, se incorporará a la tecnología un sistema adicional para asegurar que estas emisiones sean las más bajas posibles, cumpliendo la normativa no solo durante la operación estable sino también durante los arranques y otros periodos inestables de la combustión.

OBJETIVO: El principal objetivo de este hito es producir y ensayar diversos cultivos energéticos en unas tecnologías de combustión existentes: una caldera comercial no nacional y la BioSelect 430 kW_t desarrollada en el PSE On Cultivos. Estos biocombustibles sólidos se presentarán tanto en forma de astillas como de cilindros densificados, comúnmente llamados *pélets*.

Con el fin de lograr dicho objetivo se fijarán objetivos parciales que se enumeran a continuación:

- Se producirán pélets de cultivos energéticos para su combustión en las distintas tecnologías utilizadas en los Hitos 2 y 3.
- Se realizarán las pruebas de combustión necesarias para evaluar el comportamiento de un quemador de tecnología no española y compararlo con la BioSelect 430, ambos funcionando con pélets de cultivos energéticos producidos anteriormente.
- Se realizarán las pruebas de combustión necesarias para evaluar el comportamiento de la BioSelect 430, con pélets de cultivos energéticos.
- Se realizarán las pruebas de combustión necesarias para evaluar el comportamiento de la BioSelect 430, con astillas de cultivos energéticos leñosos.
- Se diseñará y adaptará un sistema de limpieza de los gases antes de que estos sean liberados a la atmósfera, con el motivo de asegurar los límites estipulados por la normativa vigente.

METODOLOGÍA:

Tarea 2.1 Producción de pélets para los ensayos de combustión (CIEMAT)

Para los ensayos de combustión en esta actividad se considerarán, al menos, tres biomásas herbáceas de cultivos energéticos (e.g. sorgo, carinata y cardo).

La preparación de pélets a partir de biomásas de cultivos energéticos herbáceos se llevará a cabo en instalaciones piloto del Centro de Desarrollo de Energías Renovables (CEDER) perteneciente al CIEMAT y situado en Lobia (Soria). Las plantas piloto son las mismas que las utilizadas en el PSE On Cultivos. Dichas instalaciones son las siguientes:

Planta piloto de trituración y picado: esta instalación consta de un triturador de doble rotor y baja rotación apto para el picado y destrozado de voluminosos como pacas, palets, ramas, etc. también se dispone de una picadora para pacas de herbáceas como paja y similares consistente en un tambor giratorio y una base dotada de un disco rotatorio con cuchillas.

Planta piloto de secado de biomasa: en principio, solo es previsible la necesidad de esta operación para la biomasa de sorgo, que se recolecta en verde. Consiste en un secadero horizontal rotatorio con quemador de gasóleo en el que el secado de la biomasa se produce por contacto directo a contracorriente con los gases de combustión calientes. La capacidad nominal de la instalación, para lograr contenidos en humedad de la biomasa de salida es de 200-400 kg/h. Eventualmente, también se podrá utilizar para el secado de las biomásas la planta piloto mencionada en la actividad 1.1.

Planta piloto de molienda (Figura 3): los equipos básicos de la instalación son una criba, dos molinos de martillos y un separador dinámico. El movimiento del material se realiza mediante tornillos sinfín y transporte neumático. Tanto en los molinos como en la criba se pueden sustituir las mallas con pasos que van de 1 a 20 mm para obtener productos de distintas granulometrías. La capacidad de procesamiento, usando molino de martillos, varía entre 200 y 700 kg dependiendo mucho del tipo de material, granulometría, humedad y paso de malla utilizado. La planta está equipada para obtener las variables del proceso necesarias para evaluar y optimizar los costes del mismo en cada caso analizado.

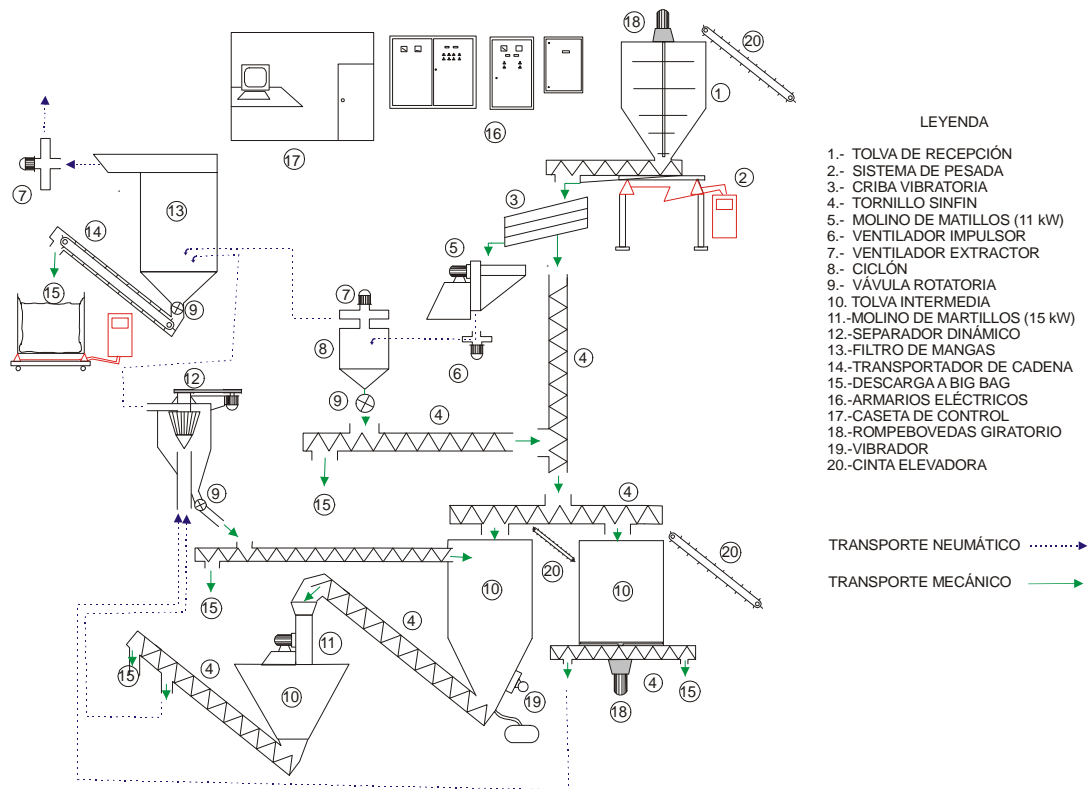


Figura 3. Planta piloto de molienda del CEDER-CIEMAT (Soria).

Planta piloto de peletizado (Figura 4): la instalación consta, fundamentalmente, de un sistema de alimentación y acondicionamiento de la materia prima a tratar, una prensa para la extrusión del producto, un sistema de enfriamiento y cribado del producto densificado y un sistema de ensaque manual. Se realiza la densificación de biomasa mediante el proceso de peletización de matriz plana, con capacidad de producción de entre 100 y 500 kg/h. Como en los casos anteriores, la instalación está dotada de elementos para el control y toma de datos del proceso en sus distintas etapas.

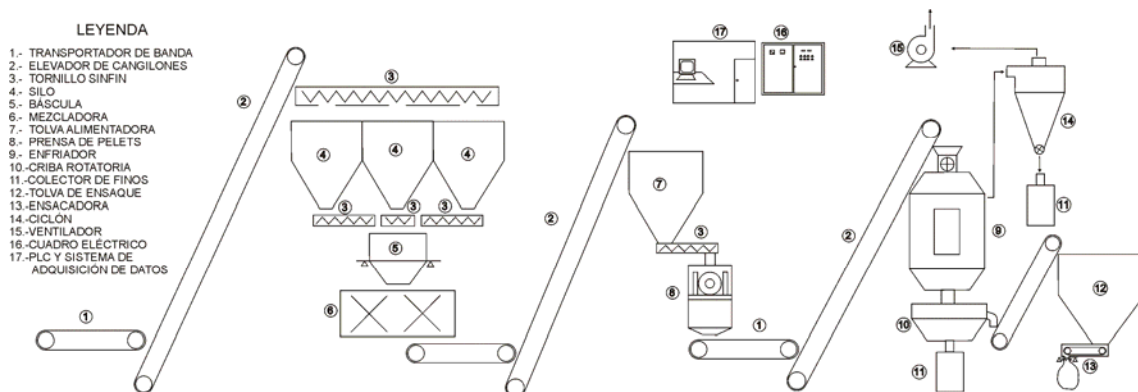


Figura 4. Planta piloto de peletizado del CEDER-CIEMAT (Soria).

El plan experimental de la producción de pélets estará ligado a los resultados obtenidos en las evaluaciones de los pélets que se vayan produciendo en el quemador desarrollado por LASIAN Tecnología del Calor S.L. en el hito 3. En efecto, el plan experimental que se propone trabajará en conexión con los planes experimentales de los hitos 2 y 3 al objeto de optimizar la calidad de los pélets utilizados en las calderas en términos de manejo, bajo ensuciamiento, formación de escorias, emisiones y alto rendimiento en la combustión.

El plan de peletización que se desarrollará para cada biomasa será similar y constará de las siguientes fases:

- Trituración: se procederá a una trituración, picado o astillado dependiendo del tipo de biomasa y su presentación
- Secado: se realizarán pruebas de secado para las biomásas en las que sea preciso rebajar la humedad (en principio solo la de sorgo)
- Refinado o molienda: se realizará la reducción granulométrica más adecuada para la óptima peletización de cada biomasa
- Peletizado: es la última fase del proceso. Se ensayarán los calibres de pelets más habituales en el sector doméstico (6 y 8 mm) aunque no se descartan otros mayores que pudieran resultar interesantes.

Cada una de las biomásas procedentes de los cultivos será sometida al proceso de peletizado de forma independiente, en su caso, con los aditivos que se vayan definiendo como consecuencia de su ensayo en las calderas. Para cada biomasa se definirá el tipo de finura necesario y la matriz más adecuada para efectuar el proceso mediante el ensayo de varios grados obtenidos mediante molienda y diferentes grados de compresión en las matrices. Una vez definida la finura del material a peletizar y la matriz más adecuada para el mismo, se realizará una prueba con el material suficiente para abastecer las necesidades de los ensayos de combustión.

Los pélets obtenidos serán caracterizados en los laboratorios del CIEMAT a fin de determinar sus características físicas de dureza, durabilidad y granulometría siendo seleccionadas aquellas condiciones de proceso que rindan productos cuyas características físicas cumplan los requisitos exigidos para los pélets de calidad comercial.

Tarea 2.2 *Pruebas de combustión con pélets de cultivos energéticos en una caldera comercial apta para biomásas herbáceas y comparación con la caldera BioSelect 430 (CIEMAT)*

El objetivo de esta actividad es la realización de una evaluación comparativa de las características en cuanto a parámetros principales de combustión del conjunto quemador-caldera diseñado y desarrollado para biomásas herbáceas por el participante LASIAN Tecnología del Calor S.L. en el contexto del subproyecto 3 del PSE On Cultivos ya mencionado, y una caldera existente en el mercado para este tipo de productos, incluidos los de tipo herbáceo. La adquisición de este último equipo vendrá a posibilitar la evaluación comparativa de ambas calderas con un mayor rango de recursos ya que la mayor parte de las calderas actualmente disponibles en el mercado no son adecuadas para su uso con materiales herbáceos.

Para tal objeto, el CIEMAT instalará en su Centro de Lúbia una caldera de tecnología comercial de potencia similar a la BioSelect 430 de la Universidad de Zaragoza al objeto de ensayar diferentes biomásas de cultivos energéticos fundamentalmente herbáceos que se produzcan en la Tarea 2.1.

De mutuo acuerdo, la Universidad de Zaragoza y el CIEMAT establecerán un protocolo común para la evaluación comparativa de ambos equipos que, en todo caso, contemplará la medida durante los ensayos y en condiciones de operación estable de las calderas de la eficiencia de los equipos y de las emisiones producidas en el proceso (convencionales y no convencionales), así como la medida y evaluación de los sinterizados que se produzcan.

Tarea 2.3 *Pruebas de combustión con pélets de C.E. herbáceos en parrilla BioSelect 430 (UNIVERSIDAD DE ZARAGOZA)*

En esta tarea se realizará el diagnóstico completo de la combustión con diversos combustibles procedentes de cultivos energéticos y previamente

peletizados (véase la tarea 2.1). La tecnología de combustión estudiada procede del fabricante LASIAN Tecnología del Calor S.L. y consiste en el conjunto cámara de combustión –caldera BioSelect 430.

En primer lugar, y para cada tipo de combustible, se determinarán las **condiciones de operación idóneas para el funcionamiento continuo** de la instalación (frecuencia del sinfín de alimentación y de las tareas de limpieza del quemador, exceso de aire óptimo, depresión adecuada, etc.), de tal modo que se garantice tanto las emisiones, rendimiento y potencia óptima como el desalojo de las cenizas de la zona de combustión. Para ello, se realizarán unas cinco pruebas de seis horas de duración aproximada cada una para asegurar que se hayan encontrado las condiciones óptimas. También, se ensayará esa misma instalación de combustión con pélets de alta calidad (DIN+, por ejemplo), de tal manera que se obtenga unos valores de referencia para comparar los resultados obtenidos con los nuevos pélets de cultivos energéticos. Una vez determinadas las condiciones óptimas, se procederá a la realización de **pruebas de combustión estable** de unas treinta horas de duración por cada combustible, midiendo detalladamente todos los parámetros necesarios para caracterizar la instalación con ese combustible. En particular, se medirán las emisiones de CO, O₂, CO₂, NO_x y SO₂, así como el contenido en **partículas** en los gases de la chimenea, lo cual será el punto de partida para llevar a cabo la tarea 2.5. Por otra parte, se observarán y cuantificarán las **cenizas** obtenidas en el quemador, y los posibles problemas asociados a la acumulación de estas, así como su posible aglomeración y/o sinterización. También, cuando sea oportuno, se analizarán los elementos que las constituyen y la morfología mediante microscopía SEM-EDS (microscopio de escaneo electrónico combinado con el uso de electrones retrodispersados) y se obtendrá información de las fases cristalinas formadas mediante difracción de rayos X (XRD).

Los resultados obtenidos durante las pruebas finales de combustión con los distintos tipos de pélets procedentes de cultivos energéticos serán las entradas para la **mejora u optimización de la operación**, que se verá reflejado en el cuadro de control de la caldera comercial BioSelect 430. En efecto, para cada combustible se habrá determinado la distribución óptima entre aire primario y aire secundario, el exceso de aire adecuado para la combustión eficiente y menos contaminante y finalmente los parámetros para las tareas automatizadas de limpieza, tanto en la sección del quemador como de la caldera.

Todas las pruebas descritas anteriormente se realizarán en el laboratorio de combustión de biocombustibles sólidos que la Universidad de Zaragoza tiene para tal efecto en su nuevo edificio CIRCE ubicado en el Centro Politécnico Superior de Zaragoza.

Tarea 2.4 Pruebas de combustión con astillas de C.E. leñosos en parrilla BioSelect 430 (UNIVERSIDAD DE ZARAGOZA)

El coste del combustible es uno de los factores más influyente en la viabilidad económica de una instalación de generación de energía (ya sea de generación simple de calor o combinada). Por esta razón resulta interesante económicamente el uso de biocombustibles que no requieran ser densificados en forma de pélets, ya que el coste de este pre-tratamiento puede llegar a ser muy elevado debido a los requerimientos energéticos de la tecnología. Este es el caso de las astillas de madera, que proceden de residuos forestales de fuentes primaria o secundaria, o bien de cultivos energéticos leñosos.

Sin embargo, para poder quemar las astillas en la parrilla donde se produce la combustión, es imprescindible realizar unas **modificaciones en el sistema de alimentación del combustible al quemador**. En particular, se tendrán que re-diseñar el sinfín de alimentación y la tolva intermedia para que se adapten a la

granulometría de las astillas y a su menor densidad energética. Será la empresa LASIAN Tecnología del Calor quien se encargará de realizar las modificaciones necesarias a la adaptación de su sistema de combustión actual, la BioSelect 430, para poder quemar astillas.

Una vez realizadas estas modificaciones, se procederá a la realización de las pruebas previas necesarias para determinar las **condiciones óptimas** para la combustión de cada tipo de astillas a ensayar. A continuación, se llevarán a cabo las pruebas de larga duración (unas 30 horas) con el motivo de comprobar que la instalación funcione de manera estable, a unos niveles de rendimiento y emisiones que aseguren el buen funcionamiento del quemador durante toda su vida útil. Durante las pruebas de larga duración, y del mismo modo que en la Tarea 2.3, se medirán las emisiones de CO, O₂, CO₂, NO_x y SO₂, así como de partículas emitidas a la atmósfera y se analizarán detenidamente las cenizas obtenidas. Todas las pruebas descritas anteriormente se realizarán en el laboratorio de combustión de biocombustibles sólidos que la Universidad de Zaragoza tiene para tal efecto en el edificio CIRCE ubicado en el Centro Politécnico Superior de Zaragoza.

Como en la Tarea 2.3, los resultados obtenidos durante las pruebas finales de combustión con los distintos tipos de astillas serán las entradas para la **mejora u optimización de operación**, lo cual se verá reflejado en el cuadro de control de la caldera comercial BioSelect 430.

Tarea 2.5 Sistema de limpieza de los gases en chimenea (UNIVERSIDAD DE ZARAGOZA)

En la actualidad, unos importantes esfuerzos se están centrando en la reducción y la captura de las partículas emitidas durante la combustión de biomasa sólida. Los planes europeos subrayan la importancia de limitar cada vez más esas emisiones a la atmósfera debido a su efecto muy nocivo en la salud humana.

En este proyecto, se propone desarrollar productos que permitan responder a los límites más exigentes que se prevé tener en un futuro próximo, en el contexto del mercado global europeo. Así, se busca reducir al máximo las emisiones de contaminantes a la vez que asegurar alta eficiencia y operación robusta.

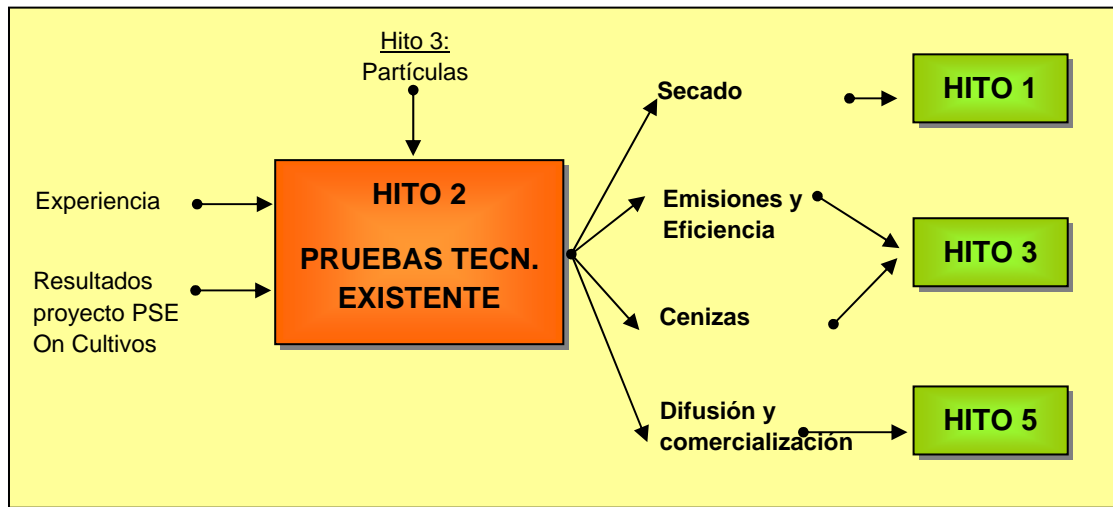
Para empezar esta tarea, se procederá a una **amplia revisión bibliográfica** de las tecnologías existentes para la captura de las partículas emitidas durante la combustión de biomasa sólida. Por otra parte, se compararán los resultados obtenidos por diferentes estudios y los factores más influyentes, tanto a nivel de la propia instalación de combustión (medidas de reducción primaria), como en el propio diseño del sistema de captura de partículas.

A continuación, la Universidad de Zaragoza diseñará el sistema que considere el más adecuado, a partir de los datos medidos en las Tareas 2.2, 2.3, 2.4 y 3.4. Se diseñará **un prototipo** que será implementado en el laboratorio de la Universidad de Zaragoza (después del sistema de combustión e intercambio de calor existentes). Además, otro resultado de esta tarea será una **herramienta informática** para el cálculo de tal sistema de limpieza de gases en las futuras instalaciones que pondrá en marcha LASIAN Tecnología del Calor, S.L.

La **construcción** del prototipo será realizada por la empresa LASIAN Tecnología del Calor en sus instalaciones. Los materiales utilizados serán de tipo convencional (chapa de acero, etc.) de tal modo que se puedan utilizar la maquinaria que ya tiene la empresa para construir ese nuevo producto.

Finalmente, las **pruebas para determinar la eficiencia del sistema** de captura de partículas serán llevadas a cabo por la Universidad de Zaragoza y

permitan optimizar el sistema y/o validarlo para su consiguiente comercialización.



DURACIÓN: 36 meses.

ENTREGABLES:

- Informe con los resultados de la peletización de las biomásas herbáceas estudiadas, características y calidad de los pélets obtenidos de las biomásas herbáceas estudiadas (disponible septiembre-2013).
- Informe de los resultados de la evaluación comparativa de la combustión en distintas tecnologías: BioSelect 430, quemador horizontal desarrollado en el Hito 3 y caldera de tecnología comercial, todos ensayados con biomasa de cultivos energéticos (disponible septiembre-2013).
- Informe con los resultados de las emisiones de partículas en chimenea, según los distintos combustibles y para la tecnología de parrilla BioSelect 430 kW (disponible septiembre-2013).
- Herramienta de cálculo para obtener las dimensiones del sistema de limpieza de los gases en función de la instalación y del combustible a quemar (disponible septiembre-2013).

PERSONAL:

- Universidad de Zaragoza:
 - o Dos doctores y una ingeniera industrial del personal propio de la UZ para diseñar, dirigir y analizar los resultados de las pruebas de combustión.
 - o Dos técnicos superiores a contratar (30% de dedicación a este hito cada uno por las numerosas pruebas a efectuar) para, además de colaborar en el planteamiento de las pruebas, llevar a cabo todas ellas en el laboratorio.
- CIEMAT:
 - o Para el análisis de biomasa y cenizas de proceso de combustión se cuenta con el personal especializado de los laboratorios para la caracterización de la biomasa como combustible del CEDER-CIEMAT, que ya han realizado o están realizando funciones análogas en diferentes subproyectos del PSE On Cultivos. Intervendrán en el proyecto dos titulados superiores, un titulado medio que coordinará los ensayos y, al menos, un auxiliar. Por otra parte, intervendrán 0,5 titulado superior por año a contratar.
- LASIAN:
 - o Personal de fábrica (operarios y técnicos) para efectuar las mejoras de la caldera y fabricar el prototipo de sistema de limpieza de gases.

MATERIALES Y EQUIPOS que tienen las distintas entidades que participan en este hito:

- La Universidad de Zaragoza, en el laboratorio del nuevo edificio CIRCE, dispone de un laboratorio de combustión que cuenta con un conjunto cámara-quemador BioSelect 430 de marca LASIAN Tecnología del Calor S.L. y su sistema de alimentación de los pélets al quemador. También, dispone de toda la instrumentación necesaria para analizar la instalación (sondas de temperatura y presión, medidores de caudal, etc.) así como del sistema hidráulico, sistema de refrigeración, autómata para el control y la regulación de la combustión y sistema de evacuación de gases (chimenea). Finalmente, también dispone de un nuevo analizador de gases TESTO 360 para medición en continuo del CO, O₂, CO₂, NO_x y SO₂.
- CIEMAT cuenta con plantas piloto de molienda, secado y densificación de biomasa que ya han sido utilizadas satisfactoriamente en estudios análogos dentro del subproyecto 3 del PSE On Cultivos. En cuanto a medios materiales para su utilización en este subproyecto se dispone de los siguientes equipos principales: bombas calorimétricas (poder calorífico), analizador elemental (C, H, N), cromatógrafo iónico (S, Cl), equipo de ICP (componentes minerales de las cenizas) y microscopio de calefacción óptica (ensayos de fusibilidad). Asimismo, está previsto que el próximo año se pueda disponer de un microscopio electrónico de barrido, para el análisis de los depósitos de cenizas formados en los ensayos de combustión. Asimismo, se cuenta y se pondrá a disposición del proyecto una sonda de depósitos de cenizas y diferentes equipos para la medida de emisiones gaseosas convencionales (CO, CO₂, NO_x, SO₂, hidrocarburos totales) y no convencionales (PAHs). Entre ellos cabe citar una sonda isocinética para la medida de partículas (está prevista la adquisición de un equipo de medida en continuo de partículas totales), un equipo testo y un analizador de gases en línea para la medida de emisiones convencionales, un FTIR (adquirido en el subproyecto 3 del PSE On Cultivos), para la medida de HCl en línea y un equipo de cromatografía de gas-masas para análisis de las emisiones de PAHs.

MATERIALES Y EQUIPOS que necesitan las distintas entidades para llevar a cabo las distintas tareas de este hito:

- Universidad de Zaragoza
 - o Medidor de partículas.
 - o Pélets DIN+.
 - o Astillas de chopo.
 - o Caracterización combustible y sus cenizas.
 - o Análisis de los depósitos obtenidos por tecnología SEM y XRD.
- CIEMAT:
 - o Para realizar los ensayos de combustión comparativos de pélets de cultivos herbáceos previstos en el hito 2, se solicita al proyecto fondos para la adquisición de una caldera comercial para este tipo de materiales.
 - o Material para construcción de tolva e instalación de caldera
 - o Biomasa para secadero y caldera
 - o Repuestos plantas piloto
 - o Materiales de laboratorio, gases, reactivos químicos
 - o Material eléctrico para secadero piloto y caldera
 - o Equipos para medición de contenido de partículas de caldera
 - o Alimentador para caldera
- LASIAN:
 - o Materiales para la adaptación del sistema alimentación y de almacenamiento a astillas.
 - o Materiales para la construcción del prototipo del sistema de limpieza de gases.

HITO 3. DESARROLLO DE UN QUEMADOR DE ALIMENTACIÓN HORIZONTAL PARA CULTIVOS ENERGÉTICOS, QUE SE PUEDA ADAPTAR A CALDERAS YA EXISTENTES

RESPONSABLE: LASIAN Tecnología del Calor S.L.

ENTIDADES PARTICIPANTES EN ESTE HITO:

- LASIAN Tecnología del Calor S.L.: responsable del Hito 3.
- UNIVERSIDAD DE ZARAGOZA: participa en todas las tareas del presente Hito.

Existe una multitud de quemadores distintos para la combustión de biocombustibles sólidos; en principio se pueden distinguir tres grandes tipos: quemadores de lecho fijo, de lecho fluidizado o de partículas en suspensión. Sin embargo, cuando se trata de aplicaciones a pequeña y mediana escala se utiliza casi siempre la tecnología de lecho fijo, o también llamada “parrilla”. Las principales ventajas de esta tecnología frente al lecho fluidizado o la combustión pulverizada son los bajos costes de inversión y operación así como la posibilidad de utilizar unos combustibles con amplia granulometría, desde huesos de aceituna triturados o orujillo (de pocos milímetros de diámetro), hasta astillas o troncos enteros de madera. Por otra parte, merece la pena subrayar que esta misma tecnología suele clasificarse a su vez en tres grandes grupos según la forma de alimentar el combustible a la parrilla, es decir, parrilla de alimentación inferior, horizontal o superior.

Desde el año 1967 la empresa LASAN Tecnología del Calor S.L. está especializada en la fabricación y la comercialización de productos para calefacción y agua caliente sanitaria. En la actualidad, su actividad está centrada en la producción de calderas y otros componentes de calefacción para uso doméstico e industrial. Con el Proyecto Singular Estratégico “On cultivos” (2006-2009), la empresa profundizó en el mundo de los biocombustibles sólidos y desarrolló nuevos equipos que permiten su empleo no solo a pequeña escala sino también para grandes edificios o industrias (hasta 2 MW_t). En particular, fabrica un quemador de parrilla con alimentación superior, llamado *BioSelect*, cuya última versión se empleará en las tareas 2.3 y 2.4 para ensayar numerosos y diversos cultivos energéticos y diseñar sistemas auxiliares para asegurar la limpieza de los gases antes de estar liberados a la atmósfera.

Sin embargo, de cara a responder a una demanda cada vez más importante y más diversificada (aplicación térmica para edificios públicos, granjas, invernaderos, hornos, secaderos, edificios nuevos o existentes, etc.) se necesita del desarrollo de nuevos productos capaces de adaptarse a aplicaciones muy exigentes. Por ejemplo, en los edificios existentes, donde las salas de caldera son de muy pequeña dimensión o donde la caldera está en buen estado pero que funciona actualmente con un combustible fósil (elevado coste), se podría cambiar un quemador de gas natural o de gasoil por uno de biomasa. Sin embargo, en este caso, el quemador tiene que ser muy compacto, de muy eficiente combustión (poco exceso de aire) y muy robusta operación y mantenimiento. Este es el objetivo que se contempla en este Hito. Merece la pena subrayar que ese quemador solo funcionará con pélets o con combustibles de pequeña granulometría y media-alta densidad energética (no se podría introducir, por ejemplo, combustibles tales como la paja de cereal o las astillas de madera).

OBJETIVO: El principal objetivo de este hito es obtener un quemador comercial de una potencia de 50 kW_t que sea escalable hasta 500 kW_t y que presente un sistema avanzado de limpieza, robusto y automatizado, para el desalojo de las cenizas, tanto en la parte de combustión que de transferencia del calor.

Con el fin de lograr dicho objetivo se fijarán objetivos parciales que se enumeran a continuación:

- Se diseñará, construirá y pondrá en marcha un prototipo (50 kW_t) en las instalaciones que LASIAN tiene en Muel.

- Se realizarán las pruebas de combustión necesarias para evaluar el comportamiento del quemador con los pélets producidos en la tarea 2.1.
- Se diseñará y adaptará un sistema de limpieza por aire a presión en la sección de transferencia de calor.
- Se mejorará y optimizará el diseño para obtener una versión comercial, que asegure un buen rendimiento térmico a la vez que una operación y un mantenimiento fiables.

METODOLOGÍA:

Tarea 3.1 Desarrollo del Prototipo

El objetivo de esta tarea es la obtención de un prototipo de quemador horizontal para la combustión de pélets procedentes de cultivos energéticos, tanto herbáceos como leñosos. El **diseño** será realizado por la empresa LASIAN Tecnología del Calor, por su amplia experiencia en el campo, en colaboración con las empresas C.P. Calefacción, Integración y Control S.L. (sub-contratados) y con la Universidad de Zaragoza. Durante toda esta fase de diseño, se tendrá en cuenta la normativa vigente, no solamente a nivel español sino también a nivel europeo, para garantizar que la tecnología innovadora cumpla los requerimientos técnicos y medioambientales que demanda el cada vez más exigente contexto global.

Una vez se haya alcanzado el diseño que alcance el equilibrio entre los volúmenes necesarios, la resistencia y uso de materiales, los requisitos técnicos y medioambientales necesarios así como las maquinarias de fabricación de las que se disponen, se procederá a la **fabricación** del prototipo. Durante esta fase, se pondrá especial hincapié en los costes generados por la producción de dicho quemador y su correcta adecuación a la demanda del mercado.

Finalmente, se conectará el quemador-prototipo a una caldera para que se disipe el calor generado durante las pruebas de combustión; ese conjunto quemador-caldera se **pondrá en marcha** en el laboratorio que LASIAN Tecnología Del Calor S.L. dispone en su nave de Muel (Zaragoza). Además, se implementará la instrumentación necesaria para el control y la regulación de toda la instalación, así como la medición de variables claves para el análisis posterior de su comportamiento (temperatura y presión en varios puntos, etc.).

Tarea 3.2 Evaluación del Comportamiento

En primer lugar, se realizará una serie de **pruebas preliminares** para caracterizar y comprobar las principales características técnicas de la instalación. En particular, se analizará la estanquidad de la instalación, la curva característica del sinfín de alimentación, y de los distintos ventiladores, el buen funcionamiento de los sensores, etc. Para culminar estas pruebas preliminares, se realizará unas pruebas de combustión con pélets de referencia (los denominados DIN+, por ejemplo), gracias a las cuales se determinará la potencia nominal del quemador, su correcta limpieza así como su eficiencia a plena carga y a carga parcial, siguiendo los requisitos descritos en la normativa correspondiente.

A continuación, se realizarán unas **pruebas de combustión** con los pélets de cultivos energéticos desarrollados en la tarea 2.1. La Universidad de Zaragoza colaborará en la definición de las pruebas necesarias así como la elaboración de un protocolo de trabajo a seguir para poder comparar las pruebas entre sí y asegurar una buena repetibilidad de datos. Los pélets que se van a estudiar, tanto herbáceos como leñosos, tendrán que ser previamente caracterizados, no solo para calcular el potencial energético que presentan sino también para prever los posibles problemas que sus cenizas pueden generar. Durante las

pruebas de combustión se medirán todos los parámetros necesarios para conocer las emisiones generadas (O_2 , CO y NO_x) y la cantidad de partículas liberadas a la atmósfera y para calcular la eficiencia de la instalación así como la potencia útil desarrollada. Si se ve conveniente, y con el motivo de adaptarse a las posibles demandas del mercado, se realizarán pruebas de combustión con biocombustibles sólidos procedentes de residuos agro-industriales, tal y como los huesos de aceituna (enteros o triturados), las cáscaras de almendra, el orujillo, etc.

Finalmente, se **analizarán los resultados** obtenidos, especialmente en cuanto a emisiones (medidas por el TESTO 350-XL), potencia desarrollada por la instalación (calculada gracias a la correspondiente instrumentación de la instalación), eficiencia térmica de la misma (calculada por método directo), acumulación, aglomeración y sinterización de las cenizas en el quemador (determinadas por un análisis visual de las cenizas).

Todas las pruebas descritas anteriormente se realizarán en el laboratorio de combustión de biocombustibles sólidos que LASIAN Tecnología del Calor S.L. tiene para tal efecto en su nave localizada en Muel (Zaragoza). En la Figura 5 se muestra la nave en cuestión y en la Figura 6 se muestra la instalación actual (2010), que será reemplazada por el nuevo quemador de alimentación horizontal.



Figura 5. Nave para ensayos experimentales de la empresa LASIAN Tecnología del Calor S.L. en Muel (Zaragoza).

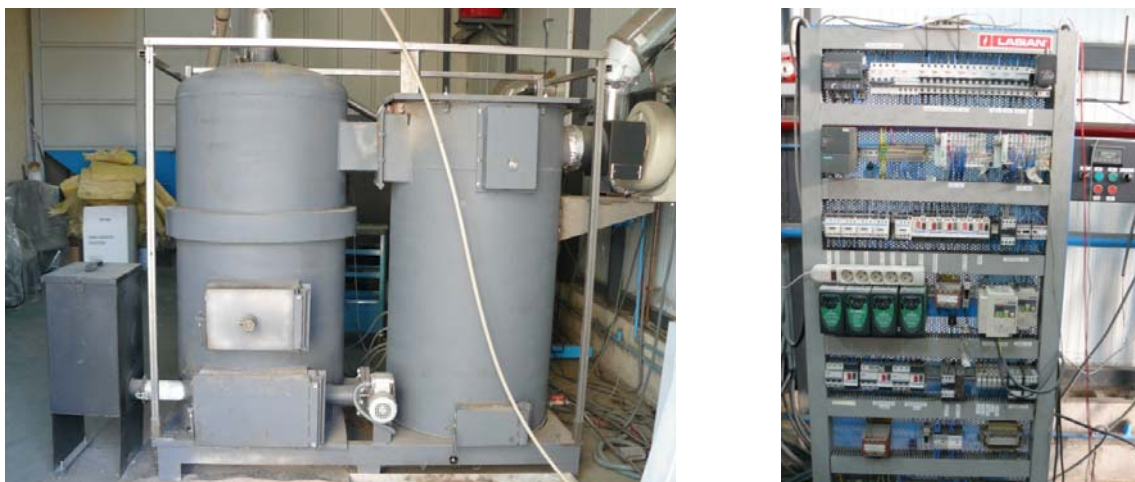
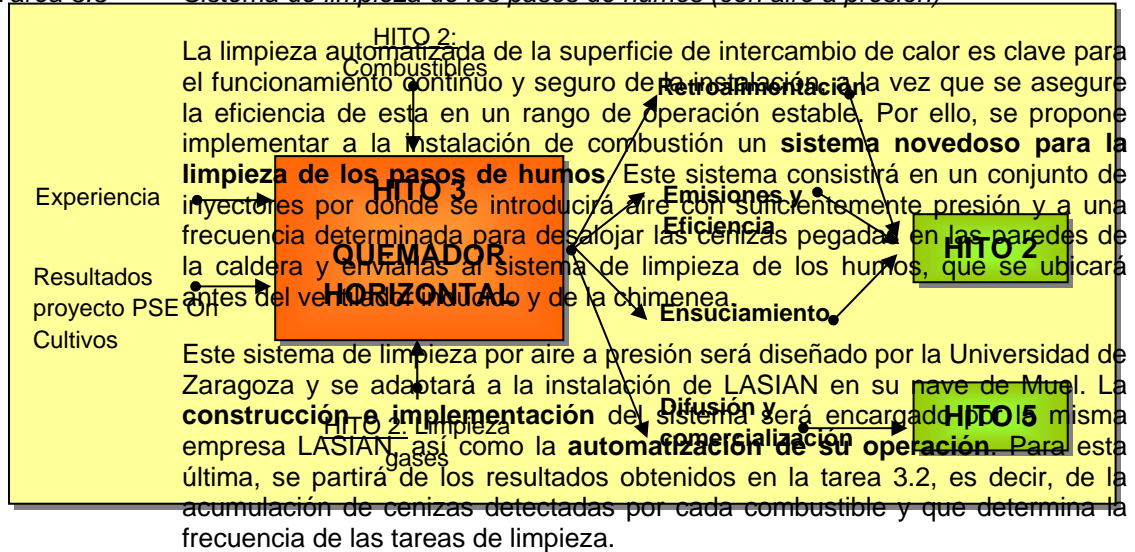


Figura 6. Caldera BioSelect 250 que será reemplazada por la nueva instalación quemador horizontal-caldera (izquierda) y cuadro de control para la regulación y control de la instalación (derecha).

Tarea 3.3 Sistema de limpieza de los pasos de humos (con aire a presión)



Tarea 3.4 Versión Comercial

A partir de los resultados obtenidos en la tarea 3.3, se realizarán los cambios y/o mejoras en el diseño del quemador de alimentación horizontal. Se perseguirá una elevada **eficiencia** en la combustión de los sólidos (por la adecuada introducción de los correspondientes aires, la superficie útil del quemador, el tiempo de residencia, etc.) y, sobre todo, la **continua y robusta operación**, que asegure el equilibrio entre suficientemente tiempo para que el combustible se queme completamente y el menor tiempo posible para que no se acumulen las cenizas en el quemador.

En paralelo, se mejorará la **automatización** de la instalación, de cara a su comercialización, y se implementarán todas las consignas que sean necesarias para las continuas y correctas tareas de operación y mantenimiento. Estas consignas cambiarán en función del combustible a quemar, en particular su contenido en cenizas y su poder calorífico inferior. Así, se obtendrá el cuadro de control final que se implementará en la versión comercial del quemador.

Finalmente, en la versión comercial del quemador se realizarán **pruebas de combustión de larga duración** con los pélets de cultivos energéticos desarrollados en la tarea 2.1. Durante estas pruebas de combustión estable, a máxima potencia, se medirán no solamente las emisiones en los gases sino también las partículas emitidas en la chimenea (antes y después del sistema de recolección diseñado en la tarea 2.5). Para la medición de la cantidad de partículas emitidas, se contará con el personal especializado de la Universidad de Zaragoza para obtener los datos necesarios a la caracterización y optimización del equipo de captura de partículas y retro-alimentar los resultados con la tarea 2.5.

DURACIÓN: 39 meses.

ENTREGABLES:

- Informe de los resultados de las pruebas de combustión realizadas con los distintos pélets de cultivos energéticos producidos en el Hito 2.1.

- Certificado de las características técnicas del nuevo quemador de alimentación horizontal.
- Estudio de mercado para la comercialización del nuevo producto, y la campaña de publicidad de éste.
- Características técnicas del sistema final de limpieza de los pasos de humos.

PERSONAL:

- Universidad de Zaragoza: Universidad de Zaragoza:
 - o Dos doctores y una ingeniera industrial del personal propio de la UZ para diseñar, dirigir y analizar los resultados de las pruebas de combustión así como para diseñar el sistema de limpieza de los pasos de humos.
 - o Dos técnicos superiores a contratar (20% de dedicación a este hito cada uno por las numerosas pruebas a efectuar) para, además de colaborar en el planteamiento y análisis de las pruebas, diseñar el sistema de limpieza de los tubos de humos.
- LASIAN Tecnología del Calor S.L.
 - o Un técnico a contratar para poner en marcha la instalación con el prototipo de quemador horizontal y realizar las consiguientes pruebas de comportamiento del sistema, pruebas de larga duración y, finalmente, para modificar el sistema y optimizarlo.

MATERIALES:

- Además de la fábrica y la maquinaria necesaria para el desarrollo de su actividad empresarial, LASIAN Tecnología del Calor S.L. dispone de un laboratorio que cuenta con un autómata para regular la instalación y recibir las señales de los sensores, una tolva para almacenamiento del combustible y sistema de alimentación a la instalación de combustión; un circuito hidráulico, con su vaso de expansión, su caudalímetro y sus manómetros; y, los equipos de refrigeración necesarios para realizar las pruebas de combustión. Finalmente, también dispone de un analizador de gases TESTO XL-350 para la medición de O₂, CO y NO_x en chimenea y de manera continua.
- Para el buen desarrollo del presente hito, LASIAN Tecnología del Calor S.L. necesita además de los siguientes equipos:
 - o Calibración anual del analizador de gases para asegurar que las emisiones medidas son correctas.
 - o Materiales para fabricación.
 - o Caracterización de los pélets.
 - o Motores, sinfines, tolva, cuadro control, etc.
 - o Instrumentación para desarrollar el producto: sondas de temperaturas y presión, detector de llama, tubos Pitot para medir aires primario y secundario, etc.
 - o Materiales y equipos para la fabricación y puesta en marcha del sistema de limpieza con aire a presión.

HITO 4. ADAPTACIÓN Y OPTIMIZACIÓN DE UN SISTEMA DE TRIGENERACIÓN DE CULTIVOS ENERGÉTICOS

RESPONSABLE: Universidad de Zaragoza

ENTIDADES PARTICIPANTES EN ESTE HITO: LASIAN Tecnología del Calor S.L.

Los problemas asociados con la gestión del abastecimiento de la biomasa, la eficiencia, la comodidad y los costes de operación y mantenimiento de los sistemas de conversión han supuesto que el aprovechamiento energético de esta fuente de energía, tanto en la generación de electricidad como en la satisfacción de la demanda térmica de una instalación, se encuentre muy por debajo de lo previsto en los programas de desarrollo nacionales y europeos.

Los sistemas de trigeneración de pequeña potencia basados en la combustión de biomasa permitirían incidir en la descentralización del consumo (disminuyendo de esta forma los problemas asociados a la dispersión de los recursos y a su logística hasta la planta); aumentar la eficiencia global de la conversión y el tiempo total anual de funcionamiento del equipo (y con ello, la viabilidad de la instalación de generación térmica); e incrementar el mercado potencial alcanzable al satisfacer en una misma instalación distintos requerimientos energéticos finales (favoreciendo con ello su posible penetración en el mercado).

Varios de los equipos que, además de la caldera, pueden conformar un sistema de trigeneración (ciclos de refrigeración activados térmicamente, ORC o motores Stirling), son ya comerciales cuando emplean recursos no problemáticos en cuanto a su combustión como el gas natural, sin embargo, están en fase de investigación en su aplicación con los que, como la biomasa, presentan, principalmente por su composición, elevada tendencia al ensuciamiento, la sinterización o la corrosión. Es por ello que uno de los retos de esta tecnología, que posee un mercado potencial importante (sector doméstico, PyMEs, etc.), es operar con fiabilidad y elevada eficiencia con aquellos recursos que han de suponer la mayor parte de la futura cesta energética basada en biomasa: los cultivos energéticos adaptados a las condiciones edafoclimáticas de nuestro territorio.

Fruto de esa línea de trabajo, y con el apoyo del Ministerio de Educación y Ciencia a través de los proyectos de investigación ENE2008-03194/ALT (BIO3: "Sistemas de trigeneración de pequeña potencia basados en la combustión de cultivos energéticos mediterráneos y biomasa residual") y PSE-120000-2009-15 (PSE ON-CULTIVOS: "Desarrollo, demostración y evaluación de la producción de energía en España a partir de la biomasa de cultivos energéticos"), se está terminando de implementar, en la Universidad Zaragoza, un laboratorio para evaluar el funcionamiento de los sistemas de trigeneración y de los equipos que los integran con diferentes esquemas y combustibles. Esta instalación de laboratorio, que se encuentra actualmente finalizando la fase de construcción, consiste en un sistema de combustión (conjunto quemador-caldera) de biomasa capaz de operar con pélets de cultivos energéticos que alimentará un sistema ORC de 10 kW_e y un ciclo de refrigeración por adsorción de 8 kW_f, y permitirá simular otros equipos (como un motor Stirling o un ciclo de absorción de llama directa) generando tres efectos energéticos útiles (calor, frío y electricidad).

Las conclusiones previas obtenidas en los dos proyectos comentados anteriormente, que sirven como base de partida para el presente hito, reflejan que no existe un equipo ORC con las características técnicas de funcionamiento necesarias para llevar a cabo la configuración óptima de un sistema de trigeneración de pequeña potencia basado en la combustión de biomasa. Por esta razón, la instalación de laboratorio desarrollada para la consecución de dichos proyectos difiere sensiblemente de la óptima, en cuanto a rendimiento exergético global se refiere. De ahí nace el interés del presente hito, mediante el cual se pretende realizar diferentes modificaciones en los equipos existentes para obtener las condiciones de funcionamiento deseadas.

Mediante la consecución de este hito se pretende optimizar la operación del sistema motriz primario (caldera/ORC), el cual condiciona el rendimiento global de todo el sistema de trigeneración, en su funcionamiento con combustibles complejos (pélets de cultivos energéticos herbáceos, biomasa residual industrial como el orujillo, mezclas de combustibles, etc.). La

instalación final obtenida, servirá de muy buena base para la próxima construcción de una planta de demostración de generación de calor, frío y electricidad con biocombustibles sólidos.

OBJETIVO: A partir de los equipos existentes en la instalación de laboratorio que poseen la Universidad de Zaragoza y la Fundación CIRCE, consistente en una caldera de biomasa, un Ciclo Rankine Orgánico y un ciclo de refrigeración activado térmicamente, se desarrollará un sistema de trigeneración a pequeña escala que permita alcanzar el requerimiento de eficiencia mínima, y elevarlo al máximo de acuerdo a los límites de cada equipo individualmente, para poder ser considerado como instalación sujeta a Régimen Especial (REE superior al 27%).

El desarrollo de un sistema que permita el uso de cultivos energéticos para la generación combinada de calor, frío y electricidad a pequeña escala cumpliendo los requerimientos establecidos supondrá la consecución de los siguientes objetivos:

- Identificar/desarrollar unos fluidos orgánicos que permitan trabajar en condiciones de temperatura tales que se integren los sistemas para la obtención de valores de rendimiento global óptimos.
- Modificar el ORC para poder trabajar en las citadas condiciones de temperatura.

METODOLOGÍA:

Tarea 4.1 Determinación del fluido orgánico

Esta tarea consistirá en la revisión de las características de los diferentes fluidos orgánicos comerciales utilizados en refrigeración y generación de potencia, además de realizar una caracterización y parametrización en base a búsqueda bibliográfica de las propiedades de los fluidos más adaptables en función de las prestaciones definidas por el fabricante de la caldera (temperaturas máximas de funcionamiento). Se procederá a la **revisión por familia y contraste** de propiedades de aquellos fluidos fuera de patente. En el caso en que no se pudiera conseguir el fluido adecuado se estudiarán distintas mezclas parciales que permitan obtener un fluido óptimo para las condiciones establecidas por el fabricante de la caldera.

Una vez estudiados los fluidos y sus mezclas se **seleccionarán los óptimos** para la aplicación determinada. Posteriormente se elaborarán las curvas de saturación a distintas P y T de los fluidos seleccionados mediante softwares de simulación termodinámica (Aspen Plus y EES).

Tarea 4.2 Adaptación del conjunto caldera / ORC a condiciones de funcionamiento óptimas para el sistema de trigeneración

Partiendo de las condiciones de funcionamiento nominales y de los componentes estándares en los que se descompone el módulo ORC existente en el laboratorio, se identificarán las modificaciones necesarias a realizar en dicho equipo, en función de los rangos de presión y temperatura de trabajo definidos en las fases previas. En colaboración con el fabricante de la caldera (LASIAN Tecnología del Calor, S.L.) se dimensionarán, seleccionarán e instalarán los auxiliares a añadir necesarios para el correcto funcionamiento del sistema caldera / ORC mediante los fluidos seleccionados en la tarea anterior (sistemas de seguridad, bombas, variadores de frecuencia, etc.), así como la instrumentación necesaria para monitorizar los cambios correspondientes en cada punto de funcionamiento de la caldera y el Ciclo Orgánico, pudiendo suponer diferentes configuraciones dependiendo de las características de dichos fluidos, o mezclas de fluidos.

Una vez realizados los cambios necesarios en el sistema existente, se realizarán pruebas de funcionamiento del sistema caldera / ORC para

comprobar que se obtienen el funcionamiento deseado, o para identificar las causas de posibles desviaciones en el comportamiento deseado del sistema, de manera que puedan corregirse.

Tarea 4.3 Adaptación de la instalación de trigeneración

De la misma forma que en la tarea anterior y partiendo de las condiciones de funcionamiento nominales del ciclo de refrigeración activado térmicamente existente en el laboratorio, se identificarán y realizarán, junto con LASIAN Tecnología del Calor S.L. y la Fundación CIRCE (subcontratada para ello), las modificaciones necesarias a llevar a cabo en la caldera, instalación de distribución, intercambio y disipación de calor, con el objetivo de implementar la configuración óptima de un sistema de trigeneración basado en la combustión de biomasa procedente de cultivos energéticos. En esta tarea se tendrán en cuenta los resultados obtenidos en el Hito 2 de la presente propuesta, además de las conclusiones provenientes del desarrollo de los proyectos BIO3 (ENE2008-03194/ALT) y PSE On-Cultivos (PSE-120000-2009-15), en particular de los sub-proyectos 3 y 6b.

En colaboración con el fabricante de la caldera, LASIAN Tecnología del Calor S.L., se introducirá la instrumentación necesaria para la comprobación de las hipótesis de partida de la presente Tarea, en cuanto a configuración óptima del sistema de trigeneración. Para ello se procederá a la selección de equipos de medida adecuados a este propósito, así como la adecuación de la instalación, el montaje, la puesta en servicio y la puesta en marcha del sistema al completo.

Tarea 4.4 Realización de pruebas

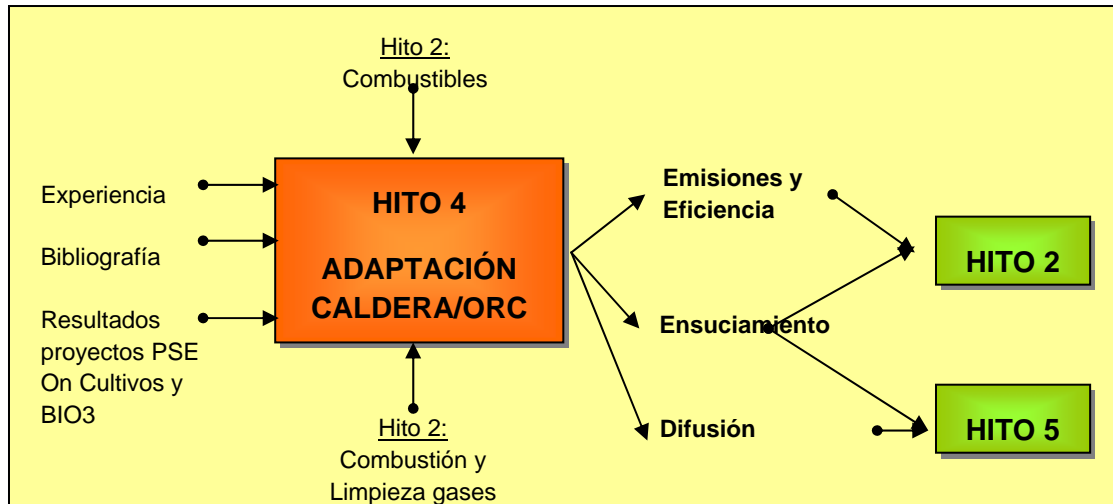
Una vez realizadas las modificaciones necesarias para el funcionamiento del sistema caldera / ORC con diferentes fluidos orgánicos, así como en la instalación de trigeneración, con el fin de obtener la integración óptima de los diferentes equipos existentes en el laboratorio desde el punto de vista exergético, se realizarán una serie de pruebas de funcionamiento con cultivos energéticos tanto de tipo leñoso como herbáceo. Se realizarán diferentes pruebas con el motivo de optimizar las condiciones de operación generales de la instalación (rendimiento global y emisiones de gases de combustión).

Otra serie de pruebas consistirá en el funcionamiento de larga duración (30 horas) del sistema al completo, con el fin de comprobar la tendencia al ensuciamiento, sinterización y corrosión características de los sistemas de intercambio de calor que funcionan con gases procedentes de la combustión de combustibles complejos como los cultivos energéticos.

Tarea 4.5 Modelizado y control del sistema de trigeneración

Una vez realizadas las pruebas del sistema con diferentes biocombustibles, se realizará una parametrización del sistema en los diferentes puntos de trabajo de los equipos que forman parte de él, así como una modelización de las condiciones operativas óptimas del sistema mediante software de simulación termodinámica (Aspen Plus, TRNSys, EES, etc.).

Posteriormente, se desarrollará un algoritmo de control con el fin de mantener el sistema trabajando en las condiciones de operación el máximo rendimiento y mínimas emisiones. Dicho algoritmo se incorporará al autómata de control se verificará su funcionamiento mediante un ensayo de prestaciones.



DURACIÓN: 39 meses

ENTREGABLES:

- Informe del estado del arte y de los resultados de selección de fluidos orgánicos.
- Informe de las modificaciones y adaptación de ORC a operación con diferentes fluidos orgánicos e instalación de trigeneración.
- Informe de los resultados de pruebas del sistema caldera / ORC y de la instalación de trigeneración.
- Informe de comparación de resultados de modelización y operación real.

PERSONAL:

- Universidad de Zaragoza:
 - o Dos doctores y una ingeniera industrial del personal propio de la UZ para diseñar, dirigir y analizar los resultados de las pruebas de trigeneración.
 - o Dos técnicos superiores a contratar (40% de dedicación a este hito cada uno por las numerosas pruebas a efectuar) para, además de colaborar en el planteamiento de las pruebas, llevar a cabo todas ellas en el laboratorio de trigeneración instalado en la Universidad de Zaragoza.
- LASIAN:
 - o Personal de fábrica (operarios y técnicos) para efectuar las mejoras de la caldera utilizada en el sistema de trigeneración e implementar las modificaciones de la instalación.

MATERIALES (Equipos disponibles en laboratorio de la Universidad de Zaragoza):

- Caldera de biomasa del fabricante LASIAN Tecnología del Calor, S.L. consistente en cámara de combustión (modelo BioSelect 430), intercambiadores de alta y baja presión de funcionamiento (BioSelect 250) y quemador auxiliar de gas natural.
- Ciclo Orgánico de Rankine de potencia eléctrica neta de 10 kW_e, modelo IT10 del fabricante Infinity Turbine LLC.
- Ciclo de refrigeración por adsorción de potencia frigorífica neta de 8 kW_f, modelo ACS08 del fabricante SorTech AG.
- Sistema de disipación e intercambio de calor del fabricante Alfa Laval (Aerorefrigeradores de 165 y 175 kW_e intercambiadores de calor).
- Instrumentación variada (caudalímetros, termopares, medidores de presión, etc.).
- Auxiliares: sistemas de alimentación y control, chimenea, ciclón, instalación de distribución energética, disipación de energía eléctrica, etc.
- Instrumentación: analizador de gases TESTO 360, caudalímetros, sondas de presión y temperatura, medidores de energía eléctrica, etc.

MATERIALES (Equipos necesarios para la realización del presente Hito):

- Fluidos orgánicos
- Variador de frecuencia
- Bomba de recirculación de fluido orgánico
- Auxiliares para la adaptación del sistema ORC a su funcionamiento a elevadas presiones (válvulas, juntas, presostatos, etc.)
- Instrumentación variada (PT100, transmisores de presión, medidores de presión diferencial, rotámetros, etc.)
 - o Rotámetro
 - o PT100
 - o Transmisores

HITO 5. COORDINACIÓN, INTEGRACIÓN DE RESULTADOS, CONCLUSIONES Y DIFUSIÓN

RESPONSABLE: CIEMAT

ENTIDADES PARTICIPANTES EN ESTE HITO: LASIAN, Universidad de Zaragoza y BioEbro

En esta actividad serán considerados cada uno de los resultados obtenidos de las actividades previas para su integración:

- El secadero solar asistido para biomasa (Hito 1).
- Las emisiones, rendimiento y operación obtenidos en la BioSelect 430 y una caldera extranjera funcionando con cultivos energéticos (Hito 2).
- El prototipo del quemador de alimentación horizontal para cultivos energéticos, que se pueda adaptar a calderas ya existentes (Hito 3).
- La adaptación y optimización de un sistema de trigeneración basado en la combustión de cultivos energéticos (Hito 4).

De esta manera los resultados obtenidos en esta actividad transversal permitirán definir los sistemas energéticos con cultivos energéticos de mayor fiabilidad y adaptabilidad al caso español.

Dadas las características y trascendencia futura de este proyecto, se considera muy importante la realización de una campaña de difusión, adicional a la realizada en la comunidad científica, entre aquellos agentes a los que este tipo de instalaciones puede resultar interesante: instaladores, usuarios y administraciones. La trascendencia de la difusión de las conclusiones motiva la inclusión de la misma como parte de esta actividad trasversal. La campaña de difusión se nutrirá de los resultados obtenidos en todas las actividades del proyecto y la información recogida durante la misma pueda servir como fuente de información para otras.

OBJETIVO: Integrar los resultados de todas las actividades del proyecto para obtener resultados globales en cuanto a tratamiento, aprovechamiento térmico, emisiones y generación energética combinada.

Dar a conocer los resultados del proyecto a los principales agentes implicados en la futura puesta en marcha de estas instalaciones: instaladores, usuarios y administraciones.

METODOLOGÍA: En esta actividad se utilizarán los resultados de las actividades previas, así como información bibliográfica sobre posibles escenarios económicos en el futuro.

Tarea 5.1. Integración de resultados obtenidos

Todos los resultados de cada uno de los hitos deben conducir a la optimización de la cadena de aprovechamiento de la biomasa en los sectores residencial y servicios. Por ello, tanto las actividades relacionadas con la optimización de la producción de combustibles, como los de la optimización de la transformación de la demanda son imprescindibles. Esto motivará que el coordinador se encargue de que se efectúen las labores necesarias para que esto tenga lugar.

Tarea 5.2. Difusión de los resultados

Como consecuencia de las actividades llevadas a cabo en este proyecto se espera que surjan algunos resultados de aplicación y ejecución directa. Por ello, además de la difusión de resultados y avances científicos del proyecto que se lleve a cabo dentro de la comunidad técnica (ferias, revistas técnicas, etc.) y científica (artículos, participación en congresos, tesis doctorales), se propone realizar una campaña de difusión

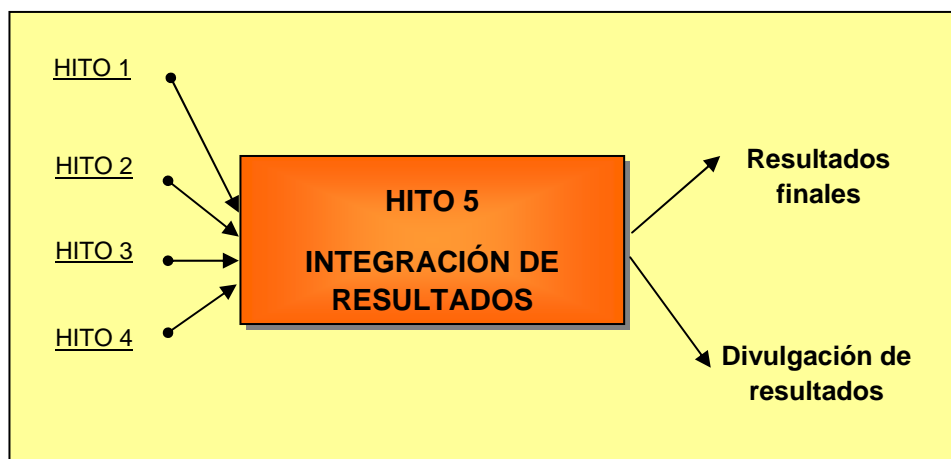
encaminada a los instaladores, usuarios y administraciones con el fin de fomentar y promocionar este tipo de instalaciones que se consideran fundamentales para el desarrollo de la biomasa en España. Dicha campaña se realizará durante todo el desarrollo del proyecto y se fundamentará en dos pilares:

- Realización de una **página web** en la que se mostrará los fundamentos de las tecnologías desarrolladas (secadero solar, quemador horizontal y sistema de limpieza de gases), sus características, los principales parámetros de operación y sus aplicaciones. Además se presentarán los avances que se vayan obteniendo en el proyecto de forma sencilla para fomentar el interés de los agentes implicados, a los que también se les invitará a participar en un foro de trabajo que tendrá como objetivo poner en contacto a todas las partes interesadas (principales proveedores e instaladores, posibles usuarios etc.).
- Organización de una **Jornada Técnica Final** en la que se reunirán los agentes implicados y en la que presentarán y transferirán los principales resultados. Se pretende publicar adicionalmente un folleto informativo que se divulgará a partir de estas jornadas.

Tarea 5.3

Transferencia de resultados a organismos

Todas las actividades desarrolladas se pondrán en conocimiento, de varias formas, con los organismos relacionados con la promoción, desarrollo y difusión de la biomasa en España.



DURACIÓN: 24 meses

ENTREGABLES:

- Informe de integración de resultados.
- Material impreso de divulgación en el sector empresarial sobre los sistemas desarrollados en todas las actividades.
- Material de divulgación para el sector público y civil a ser difundido por la página web con el fin de acercar las posibilidades de las tecnologías desarrolladas (material de difusión web).
- Informe final del proyecto.

PERSONAL:

- LASIAN Tecnología del Calor, S.L.:
 - Personal (comerciales y técnicos) para efectuar las actividades relacionadas con la promoción, venta de las unidades comerciales, ejecución de campañas, y la difusión de los resultados.
- Universidad de Zaragoza:

- Dos doctores y una ingeniera industrial del personal propio de la UZ para colaborar en las actividades de difusión.
 - Dos técnicos superiores a contratar (10% de dedicación a este hito cada uno) para trabajar en estas actividades.
- BioEbro S.L.:
 - Personal (comerciales y técnicos) para efectuar las actividades relacionadas con la promoción, venta de las unidades comerciales, ejecución de campañas, y la difusión de los resultados.
- CIEMAT:
 - Personal técnico propio involucrado en el proyecto para trabajar en estas actividades. Por otra parte, intervendrán 0,1 titulado superior por año a contratar.

3) Dimensión internacional

Dado el muy escaso desarrollo que a nivel tanto de I+D como comercial existe sobre los procesos y tecnologías con biomasa propuestos y su aplicación, el proyecto presenta una clara dimensión internacional en la que las empresas y organismos españoles de investigación y, en concreto, las que participan en este proyecto, pueden tomar un papel relevante.

Bajo un punto de vista de la investigación y desarrollo el proyecto puede contribuir, como ya lo está haciendo el PSE On Cultivos, a situar al consorcio participante en una buena posición para liderar propuestas y proyectos sobre los procesos desarrollados en el contexto del Séptimo Programa Marco Europeo en el que el CIEMAT, por una parte, y la Universidad de Zaragoza, por otra, incluso, ya han presentado propuestas relacionadas con el uso de biomasa complejas para generación térmica y eléctrica. El CIEMAT ha presentado una propuesta relacionada (BioMaxEff) en la que se contempla el uso de pélets de biomasa herbáceas (sobre todo de cultivos energéticos) en equipos y prototipos de combustión de biomasa del sector doméstico de última generación y cuyos resultados, de llevarse a cabo ambas propuestas, podrán contrastarse con los obtenidos con los de los prototipos de este proyecto. Es de reseñar, asimismo, que todas las actividades que contempla esta propuesta están incluidas entre las líneas prioritarias de investigación que se están barajando dentro del próximo Programa Marco de la UE, lo que asegura la posibilidad de realizar y continuar los desarrollos del proyecto en un marco internacional. Por otra parte, investigadores de la Universidad de Zaragoza que integran el grupo de investigación que forma parte de este proyecto está trabajando actualmente en el proyecto ENERCORN, del Séptimo Programa Marco Europeo, sobre el uso de mazorca de maíz en una central eléctrica de 16 MW_e y su impacto sobre el medioambiente.

A nivel de la actividad empresarial el proyecto es una oportunidad para el desarrollo de procesos y equipos con poca competencia actual en el mercado, lo que puede contribuir a posicionar a las empresas españolas en una posición de liderazgo en estos campos.

La presente agrupación tiene la importante ventaja de reunir dos PYMEs relativamente jóvenes y que presentan un gran potencial de desarrollo, con el apoyo de un centro de investigación y de una universidad, ambos con una amplia experiencia en proyectos nacionales e internacionales. Así, la agrupación está en contacto con el Centro para el Desarrollo Tecnológico Industrial (CDTI) para formarse y participar en proyectos europeos, especialmente en los programas de apoyo a la investigación en beneficio de PYMEs.

Respecto de la participación en plataformas españolas y europeas, dos de los socios forman parte de la Asociación Española de Valorización Energética de la Biomasa (AVEBIOM). Las dos otras entidades de la presente agrupación tienen por objetivo entrar también en esa Asociación durante el año 2010 puesto que consiste en una muy buena herramienta para entrar en contacto con otras entidades a nivel español.

Por otra parte, tanto la Universidad de Zaragoza como el CIEMAT forman parte de la Plataforma Tecnológica Española de Biomasa (BIOPLAT), cuyo objetivo principal es la determinación de las condiciones necesarias e identificación y desarrollo de estrategias viables para la promoción y el desarrollo sostenible de la biomasa en España. En particular, el CIEMAT es el coordinador del Grupo de Biomasa para Generación Térmica, dentro de esa Plataforma, y la Universidad de Zaragoza es el coordinador del Grupo de Biomasa para Generación Eléctrica.

Finalmente, a nivel europeo, la Universidad de Zaragoza forma parte de la Plataforma Tecnológica Europea, en el tema de generación de Calor y Frío con Energías Renovables (RHC/ETP). En particular, se está participando en diversas tareas del Panel de Biomasa, organizado por la *European Biomass Association* (AEBIOM).

4) Creación de empleo

Gracias al desarrollo generado por el proyecto, la empresa LASIAN Tecnología del Calor S. L. se contará con un nuevo empleo directo y, posiblemente, otro empleo directo para la fase de difusión de los resultados, en forma de un puesto de comercial. Además, para el buen desarrollo del proyecto y en la consiguiente fase de explotación de resultados se generarán unos 2 empleos indirectos. Es de esperar que estos puestos de trabajo se mantengan una vez finalizado este proyecto.

El CIEMAT llevará a cabo la contratación de un titulado superior, así como la subcontratación de los servicios de un autónomo para llevar a cabo el proyecto.

Para la realización de las tareas correspondientes a la Universidad de Zaragoza, se generarán 2 empleos directos y 1 indirecto. En muchos proyectos de esta índole los puestos de trabajo directos han acabado consolidando su puesto de trabajo en el grupo de investigación.

5) Plan de explotación de resultados

La estrategia para la valorización del proyecto y capitalización de los resultados presenta dos aspectos o elementos principales que la convierten en un instrumento potente, eficaz y realista para lograr los efectos deseados:

1. Por una parte es importante tener en cuenta que la **estrategia de valorización** se ha iniciado desde la propia composición del consorcio que va a desarrollar el proyecto ya que son los propios participantes, con sus propias competencias, quienes en unos casos debido a su cercanía a los sectores industriales y a sus funciones de transferencia de tecnología a dichos sectores y en otros a su actividad científica en los campos de desarrollo relacionados los que van a llevar a cabo la capitalización de los resultados que sean aplicables comercialmente o bien que puedan ser objeto de su transferencia y continuación en otros programas o proyectos de investigación que los desarrollen.
2. En segundo lugar, se contempla una **estrategia de difusión** de los resultados mediante una serie de herramientas, tales como talleres finales del proyecto, stands en ferias empresariales, etc. Específicamente, para transferir a los sectores de industriales implicados aquellos resultados o productos que puedan ser aplicados en el mercado, bien directamente o a través de un necesario desarrollo tecnológico y para aportar al sector de la administración encargado de realizar las políticas en favor de la iniciativa considerada, los elementos de conocimiento suficientes que justifiquen el interés de llevar a cabo dichas políticas.

Estudios de mercado, análisis de competencia y posibilidades futuras de comercialización

- LASIAN Tecnología del Calor S. L

Los sectores a los que se dirigen los productos desarrollados por la empresa LASIAN Tecnología del Calor S. L. son numerosos, lo cual favorece mucho la susceptibilidad de explotación de resultados de estos. Cabe mencionar los siguientes sectores: doméstico (casas individuales), residencial (edificios de vivienda, residencia de ancianos, etc.), edificios públicos (hospitales, colegios, ayuntamientos, piscinas, etc.), explotaciones agrarias y ganaderas (granjas, invernaderos, secaderos, etc.).

De acuerdo al Plan de mercado de la Calefacción Central en el Sector Residencial en España [publicado por MSI Marketing Research for Industry, en 2008] y los datos proporcionados por el Instituto Nacional de Estadísticas acerca del consumo de calefacción por los hogares españoles, se prevé una importante evolución del sector de la calefacción basada en la combustión de biomasa. En efecto, con el obligatorio reemplazo de las existentes instalaciones de calefacción basadas en el carbón (prohibidas a partir del 2012) y el cada vez más elevado precio del gasóleo y del gas natural, se está observando, tanto en España como en la Unión Europea, un fuerte impulso a la biomasa.

Desde su creación en el año 1967, la empresa LASIAN Tecnología del Calor S. L. siempre ha comercializado estufas y pequeñas calderas que utilizan leña, a la vez que otros numerosos equipos basados en combustibles fósiles. Con la importante subida de precio que sufrieron el gasóleo y el gas natural desde el año 2008, la empresa ha apostado definitivamente por el uso de los biocombustibles sólidos (sean leña, pélets o residuos agro-industriales como orujillo, huesos de aceituna, etc.). De este modo, la empresa LASIAN Tecnología del Calor S. L. desarrolló y sigue desarrollando nuevos equipos que permiten el empleo de biomasa sólida, no solo a pequeña escala sino también para grades edificios o industrias (hasta 2 MW_t).

Gracias a la red de distribuidores que ha ido consolidando con el tiempo, la empresa LASIAN Tecnología del Calor S. L. vende sus quemadores y calderas en toda la península ibérica; en particular, representa una importante parte del mercado de calderas en Andalucía, donde la producción de biocombustibles sólidos es muy elevada. Por otra parte, y gracias a su ubicación geográfica, el mercado doméstico francés representa una parte no despreciable de las ventas de la empresa. Finalmente, Italia y Suecia representan los mayores competidores para estos productos, y por ello, nuevas estrategias se están implantando en LASIAN Tecnología del Calor S. L. para hacerles frente. Así, mientras en Suecia o Austria se suelen diseñar los quemadores para quemar un solo tipo de combustible, una línea estratégica de la empresa LASIAN Tecnología del Calor S. L. consiste en desarrollar productos muy flexibles y robustos, en cuanto a combustible se refiere. En efecto, el mercado de los biocombustibles en España se caracteriza por su alta heterogeneidad y por el uso cada vez más grande de combustibles con altos contenidos en cenizas, como es el caso de la mayor parte de los cultivos energéticos, objetos del presente Proyecto. Así, la principal ventaja de los quemadores de la marca respecto de los productos ya existentes reside en la posibilidad de utilizar múltiples tipos de biocombustibles, sin perjudicar al buen rendimiento térmico de la instalación y asegurando una buena operación y mantenimiento.

En definitiva, después de analizar las demandas de mercado actual y en acorde con su propia política de desarrollo, la empresa LASIAN Tecnología del Calor S. L. persigue tanto el desarrollo de un nuevo quemador de alimentación horizontal, con un número previsto de ventas de 1.000 unidades al año, como la afianza y mejora de un quemador actual, para que sea cada vez más flexible y, en consecuencia, competitivo en el mercado actual.

- **Universidad de Zaragoza**

Los resultados de la investigación desarrollada en este proyecto contribuirán a que en un futuro puedan incorporarse en nuestro país los sistemas de trigeneración de pequeña potencia (<1 MW_e) con biomasa, incluso cuando se trabaje con combustibles complejos como los cultivos energéticos adaptados a nuestro territorio o ciertos combustibles residuales característicos del entorno Mediterráneo (*Brassica spp.*, Sorhum híbrido, *Cynara cardunculus*, orujillo de oliva, cáscara de almendra, etc.). Todo ello permitirá avanzar en las dos líneas de trabajo prioritarias propuestas en el PER para vencer las barreras que ralentizan el despegue de la biomasa en nuestro país, es decir:

1º.- Los problemas relativos a la disponibilidad del recurso: se analizará en estas instalaciones no solo el uso de biomasa residual sino también el de cultivos energéticos y otras biomásas complejas, ampliando así el campo en de utilización de los mismos. Además los resultados obtenidos en cuanto a ensuciamiento y corrosión podrán ser aplicados a otros sistemas de aprovechamiento de estos recursos, lo que permitirá superar uno de los problemas que están dificultado la puesta en marcha de instalaciones que utilicen estas biomásas complejas. Todo ello supondrá un impulso a la creación de un mercado para su comercialización.

2º.- Desarrollo de sistemas de conversión eficientes, fiables y competitivos: la configuración optimizada de trigeneración que se propondrá como resultado del proyecto, habrá sido diseñada no solo desde un punto de vista energético sino también teniendo en cuenta factores de fiabilidad en la operación, adecuación a la demanda, sin olvidar aspectos medioambientales y de disminución de impactos frente a otras tecnologías.

Una ventaja muy importante de la presente instalación de trigeneración es su altísimo potencial innovador a la vez que un amplio abanico de posibles sectores interesados en tal tecnología

(sector doméstico y residencial, PYMEs, industrias, etc.). Así, y además del interés que la empresa LASIAN Tecnología del Calor S.L. tiene en la configuración final desarrollada, numerosas otras empresas, tanto españolas como extranjeras, están ya en contacto con la Universidad de Zaragoza para implantar en un futuro cercano estas instalaciones. En consecuencia, como previsión a 5-8 años, se espera crear e impulsar una *spin-off* desde el Campus de Ingenieros de la Universidad de Zaragoza con el objetivo de diseñar e implantar nuevas instalaciones de trigeneración basadas en la combustión de biomasa.

Generación y explotación de patentes:

En resultado al Proyecto de Desarrollo Experimental objeto de la presente memoria se llevarán a cabo las siguientes patentes:

- Secadero solar asistido.
- Colectores solares generadores de aire caliente.
- Sistema de control integrado.
- Quemador horizontal de limpieza integrada: en esta patente, los inventores serán tanto el personal de la empresa LASIAN Tecnología del Calor S.L. como los investigadores de la Universidad de Zaragoza dedicados al proyecto. En cambio, los derechos de explotación serán obviamente y, en su integralidad, integrados a la empresa LASIAN Tecnología del Calor S.L.
- Sistema de captura de partículas en los gases de combustión de biomasa: en esta patente, tanto los inventores como los derechos de explotación serán respectivamente los investigadores de la Universidad de Zaragoza y la Universidad de Zaragoza.

6) Valor inducido del proyecto

- Universidad de Zaragoza

La realización del presente proyecto supondrá un afianzamiento de sus líneas de investigación relativas a la producción de energía térmica a partir de cultivos energéticos y a la generación de calor, frío y trabajo (trigeneración) con biomasa en general.

Además, supondrá una ampliación y mejora del nuevo laboratorio de combustión y trigeneración, lo que implicará la apertura de nuevas líneas de I+D+i.

- CIEMAT

La realización del presente proyecto supondrá una extensión de sus líneas de investigación relativas al secado de la biomasa, al desarrollo de la tecnología de secado solar producido íntegramente con fuentes de energía renovable que, particularmente en España, puede ser una alternativa competitiva y renovable a los secaderos térmicos convencionales, sobre todo cuando no existan aplicaciones de cogeneración, contribuyendo de forma significativa a mejorar la competitividad actual de industrias como las de la fabricación de pélets y astillas de biomasa de calidad para el sector doméstico. Asimismo, el trabajo a realizar conjuntamente con la Universidad de Zaragoza en el hito 2 va a contribuir a incrementar los conocimientos y medios actuales para la monitorización y evaluación de calderas comerciales de biomasa del sector doméstico, que constituye una de las líneas de actividad del CEDER-CIEMAT.

- BioEbro S.L.

Para esta empresa, la ejecución del presente proyecto supondrá una mejora sustancial de su proceso productivo, tanto desde el punto de vista tecnoeconómico como medioambiental, que además tiene alto grado de posibilidades de replicación.

- LASIAN Tecnología del Calor, S.L.

Para esta empresa, el desarrollo del presente proyecto supondrá la creación de una sección para la producción en serie del nuevo modelo del quemador con una producción estimada de 1.000 unidades al año.