

UNA ALTERNATIVA SOSTENIBLE DE CALEFACCIÓN Y AGUA CALIENTE SANITARIA (ACS) PARA PEQUEÑAS LOCALIDADES DE LA SIERRA RIOJANA

Luis M. López-Ochoa
Juana Doménech-Subirán
César García-Lozano
Jesús Las-Heras-Casas

*Universidad de La Rioja. ETSII de Logroño. Grupo de Investigación GI-TENECO.
Departamento de Ingeniería Mecánica. C/ Luis de Ulloa, 20. 26004 Logroño (La Rioja)*

Abstract

Towns located in the Riojan mountains have sufficient natural resources available to sustainably meet their needs for heat and domestic hot water (DHW).

During the summer, about 400 people reside in each of these towns, while in winter there are less than thirty residents, with the exception of weekends. Consequently, biomass represents a feasible solution, when it is administered by a centralized, professional and efficient system that guarantees the viability of this option.

The biomass solution provided to a group of towns to satisfy their heating needs is as follows: two hot water boilers with a maximum capacity of 1,000 kW and a bypass system for an alternating operation and to maintain adequate security standards, especially during the winter. A buffer tank is also installed 6 m³ underground in order to avoid cold-starts and optimize efficiency as much as possible.

This system includes distribution networks, and control and security systems, etc.

The biomass comes from nearby mountainous areas and is treated beforehand. The annual ratio of biomass available to demand is 3 to 1.

Solar thermal energy provides for at least 30% of DHW.

Keywords: *Sustainability; heating; DHW; solar support; biomass; autochthonous resources*

Resumen

Las localidades situadas en la sierra riojana disponen de suficientes recursos naturales para poder satisfacer sus necesidades de calefacción y agua caliente sanitaria (ACS), de forma sostenible.

En estas localidades, con una población en verano del orden de las 400 personas y en invierno de no más de treinta, salvo los fines de semana, la biomasa es una solución viable, mediante un sistema centralizado y gestionado de forma profesional y eficiente, garantizando la viabilidad del mismo.

La solución dada a una serie de localidades para satisfacer sus necesidades térmicas se realiza con dos calderas de 1.000 kW de potencia máxima, puestas en by-pass para poder funcionar alternativamente y mantener una seguridad suficiente, especialmente en invierno.

Además, se instala un depósito de inercia de 6 m^3 , enterrado, con el fin de evitar los arranques en frío de las calderas y optimizar en la medida de lo posible el rendimiento.

Se dispone de redes de distribución, sistemas de control y seguridad, etc.

La biomasa pre-tratada procede de los montes de la zona, siendo la proporción anual entre lo disponible y las necesidades de 3 a 1.

Se utiliza la energía solar térmica para el apoyo de ACS, en un 30 % mínimo.

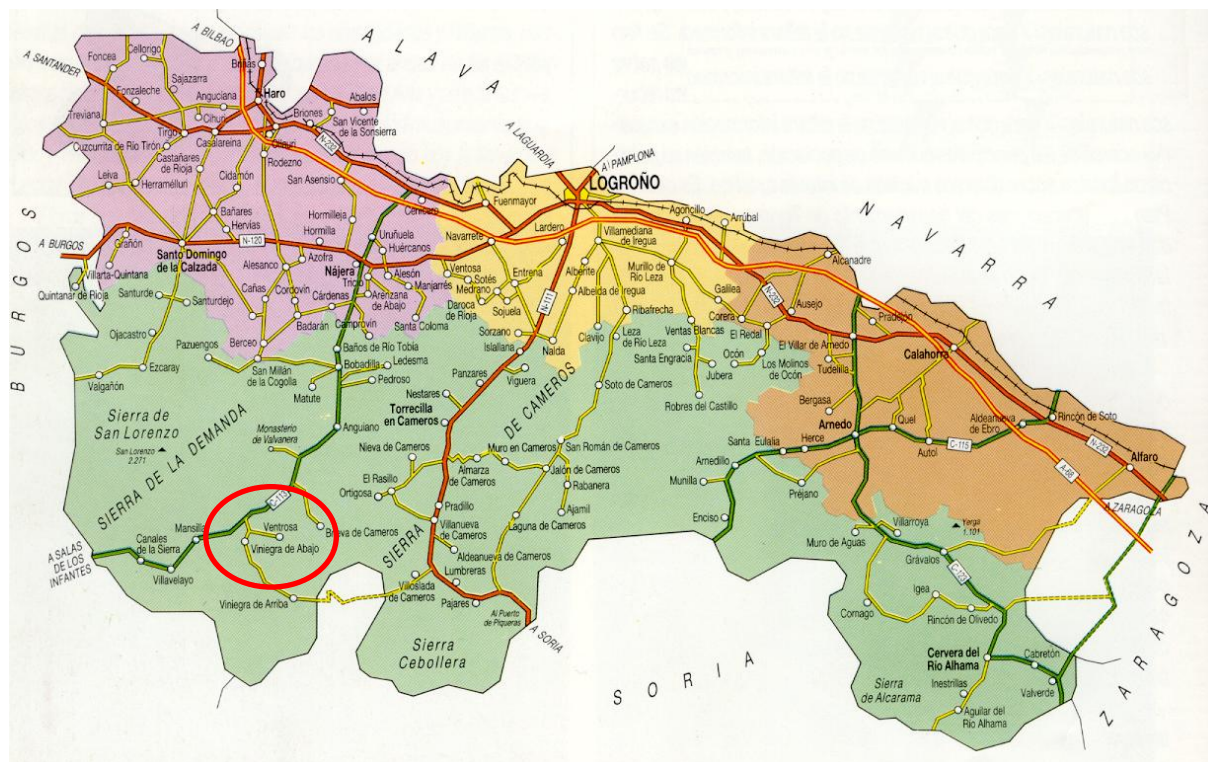
Palabras clave: Sostenibilidad; calefacción; ACS; apoyo solar; biomasa; recursos autóctonos

1. Introducción

Viniegra de Abajo es un pueblo integrante de las denominadas históricamente "Siete Villas" que se encuentra en la Comunidad Autónoma de La Rioja, haciendo límite entre el Camero Nuevo y la sierra de la Demanda, en la comarca del Alto Najerilla. Está a una altitud media de 890 m sobre el mar, distando 74 km de la capital Logroño y 50 km de Nájera, que es la cabecera de comarca. El término municipal tiene $65,68 \text{ km}^2$, estando atravesado por el río Urbión, que nace en los picos que le dan nombre. Tiene abundantes recursos forestales que pueden ser aprovechados para los fines de la ponencia, disponiendo de otros muchos más para exportar a otras localidades.

En la figura 1 se presenta un mapa de La Rioja señalizando la localidad de Viniegra de Abajo.

Figura 1. Mapa de La Rioja con la señalización de Viniegra de Abajo

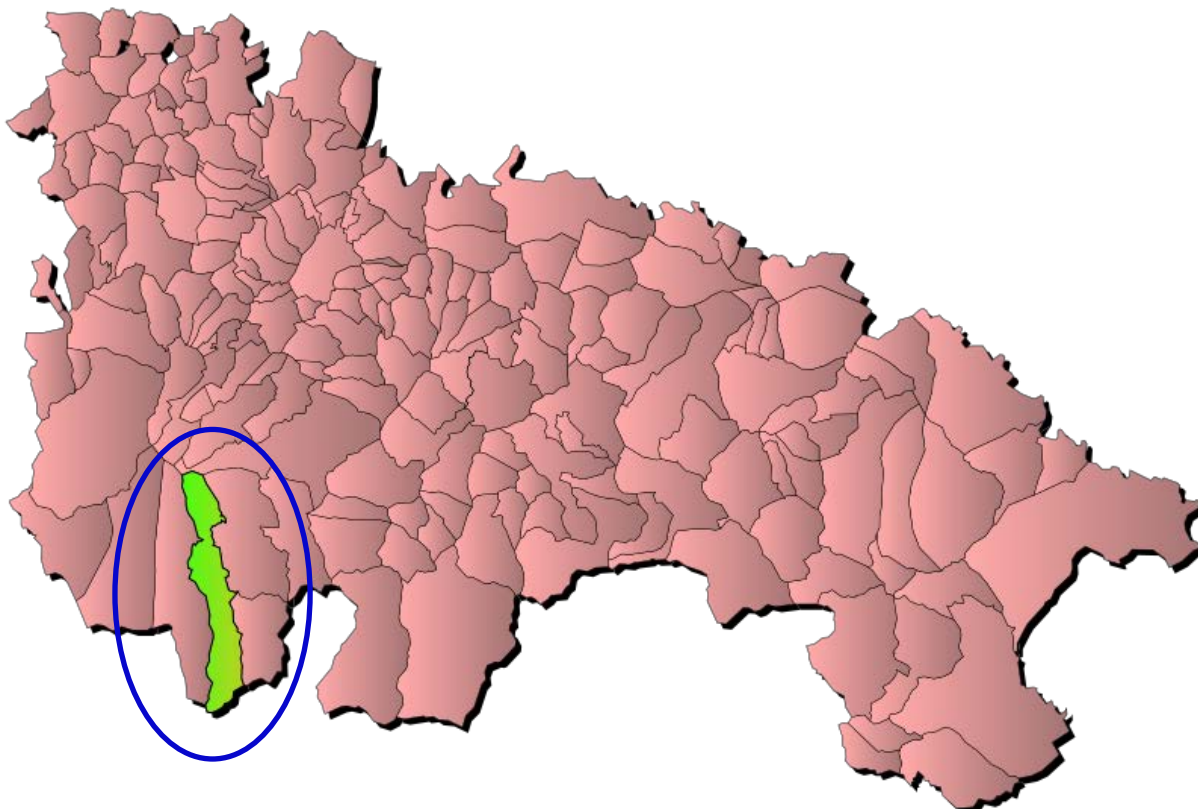


Viniegra de Abajo es una localidad representativa de la denominada Sierra Riojana, por lo que nos referiremos a ella en la ponencia como fiel representante de la misma. La solución

dada en esta ponencia a Viniegra de Abajo sirve para la mayoría de las localidades que se hallan en la Sierra Riojana por sus similitudes en tipología de viviendas, recursos naturales, configuración de los pueblos y municipios, forma de vida, habitantes, etc. En cada caso, se deberá adaptar su dimensionamiento, si bien la filosofía de trabajo es la misma: buscar soluciones viables y sostenibles.

En la figura 2 se presenta en un mapa de La Rioja el término municipal de Viniegra de Abajo.

Figura 2. Mapa de La Rioja con el término municipal de Viniegra de Abajo



2. Tipología de edificios en la localidad

Según el vigente Código Técnico de la Edificación (CTE), la localidad está en la zona climática E1, con temperaturas máximas de 33 °C y mínimas de -9 °C.

Los edificios de la localidad se dividirán en dos grupos principales: viviendas de carácter particular y edificios públicos.

El municipio de Viniegra de Abajo cuenta con 131 viviendas que son habitadas con la regularidad suficiente, bien permanentemente, bien los fines de semana y vacaciones. Dentro de este grupo de viviendas podemos clasificar las viviendas de la localidad en 4 subgrupos de edificios, atendiendo al tamaño, plantas y disposición de espacios habitables de cada una de ellas.

Las viviendas son edificios sencillos, con fachadas y formas generalmente simples, la distribución de los interiores es de baja más uno o baja más dos, siendo la planta baja utilizada para diversas actividades, no pudiéndola considerar de este modo como espacio no habitable. Las plantas son normalmente rectangulares y por regla general los edificios se

disponen en calles de varias viviendas en continuo, por lo que la práctica totalidad de las ocasiones dispondremos de un muro medianero entre dichos edificios.

Las paredes exteriores son de piedra caliza, de unos 50 cm de espesor. Al norte, la superficie de huecos es mínima. Los tejados son con cubierta a dos aguas, de teja roja árabe, con zonas bajo cubierta que hacen las veces de despensas y trasteros.

2.1 Viviendas privadas

Las tipologías de edificios son las cuatro siguientes:

- Tipo A: Edificio de baja más uno, con una superficie total de 137 m². Hay 40.
- Tipo B: Edificio de baja más uno, con una superficie total de 178 m². Hay 25.
- Tipo C: Edificio de baja más dos, con una superficie total de 270 m². Hay 35.
- Tipo D: Edificio de baja más dos, con una superficie total de 350 m². Hay 31.

2.2 Edificios públicos considerados

Dentro de este grupo tendremos únicamente 5 edificios a estudiar: la Casa Consistorial (287 m²), que la asimilamos a un edificio tipo D; la Iglesia de la Asunción (538 m²), que la consideramos por separado, si bien por su uso y necesidades reales la podemos considerar como un edificio tipo D; la escuela Venancio Moreno (320 m²), que la asimilamos a un edificio tipo D; el albergue Urbión (148 m²), que lo podemos considerar como un edificio tipo B y la casa del médico (188 m²), que lo consideramos tipo C.

En la figura 3 se presenta una vista de varias viviendas típicas de la localidad.

Figura 3. Viviendas típicas de la Sierra



Es preciso hacer constar que todas las necesidades, inventario de las instalaciones, cálculos y comprobaciones, alternativas manejadas, características especiales y todo tipo de detalles se han considerado en todo momento y circunstancias.

Todas las instalaciones y alternativas se han estudiado cumpliendo la normativa vigente, especialmente lo que determina el Código Técnico de la Edificación (CTE), en sus apartados

correspondientes y demás legislación de aplicación, incluyendo la urbanística (Martínez-Martínez, 2012).

3. Instalaciones de calefacción y ACS existentes

En las viviendas de la localidad existe una situación muy irregular en cuanto a instalaciones de calefacción y Agua Caliente Sanitaria (ACS), si bien los edificios públicos constan de instalaciones relativamente modernas y en buen estado de conservación en todos ellos.

En las viviendas particulares esta situación varía mucho entre unas a otras. De este modo, podemos encontrarnos desde viviendas de reciente construcción, con instalaciones de calefacción y ACS prácticamente nuevas, hasta otras en las que no existe instalación de calefacción, salvo cocinas clásicas de leña, y la instalación de ACS consiste en una caldera de gas butano (López-González, 2009 y 2010).

Se pretende estudiar una instalación viable y sostenible de calefacción y suministro de ACS de forma centralizada para la totalidad del casco urbano de Viniegra de Abajo (La Rioja). Dicho sistema de calefacción y ACS tendrá como combustible la biomasa extraída de los recursos forestales, en su mayor parte, disponibles en el término municipal de la localidad.

Se evaluará también la viabilidad de apoyar dicha energía en otras renovables como la energía solar térmica, que es la más viable en la zona.

4. Necesidades de calefacción y ACS actualizadas

A efectos de las necesidades tenemos 40 edificios tipo A, 26 edificios tipo B, 36 edificios tipo C y 34 edificios tipo D. Total: 136 edificios equivalentes, con la singularidad de la Iglesia.

4.1 Necesidades máximas de ACS

Las necesidades de ACS se estiman en 37.335 litros al día, tanto para viviendas como para los cinco edificios representativos públicos (Dos que se consideran por separado y los otros integrados como si fueran viviendas, excepto la Iglesia que no dispone de ACS).

En la tabla 1 se muestran los desgloses y características máximas previstas, en época de verano.

Tabla 1. Necesidades máximas de ACS diarias

Edificio	Personas	Q (l/día)	Número de edificios	Q total (litros/día)
Tipo A	6	180	40	7.200
Tipo B	8	240	26	6.240
Tipo C	10	300	36	10.800
Tipo D	12	420	31	13.020
Ayuntamiento	7	21	1	21
Escuela	18	54	1	54
TOTAL				37.335 l/día

En la tabla 2 se muestran los desgloses mensuales en un año tipo.

Tabla 2. Necesidades mensuales máximas mensuales de ACS

Mes	Días	Q (litros)	Tª agua red	Tª Acumulador	Q. A.C.S. (kWh)	Mes
Enero	31	1.157.385	9	60	68.455,76	Enero
Febrero	28	1.045.380	10,2	60	60.376,16	Febrero
Marzo	31	1.157.385	11,4	60	65.234,31	Marzo
Abril	30	1.120.050	12,6	60	61.571,22	Abril
Mayo	31	1.157.385	13,8	60	62.012,87	Mayo
Junio	30	1.120.050	15	60	58.453,69	Junio
Julio	31	1.157.385	16,2	60	58.791,42	Julio
Agosto	31	1.157.385	15	60	60.402,14	Agosto
Septiembre	30	1.120.050	13,8	60	60.012,45	Septiembre
Octubre	31	1.157.385	12,6	60	63.623,59	Octubre
Noviembre	30	1.120.050	11,4	60	63.129,98	Noviembre
Diciembre	31	1.157.385	10,2	60	66.845,04	Diciembre
Anual	365	13.627.275	12,6	60	748.908,64	Anual

La potencia instantánea de ACS puede ser muy elevada pero darse en cortos periodos de tiempo (duchas, llenado de bañeras, carga de lavadoras/lavavajillas, etc.). Por este motivo se requiere de un sistema de acumulación que absorba esas variaciones demandando únicamente una potencia media. Esto se conseguirá mediante un depósito de acumulación que diseñaremos posteriormente y la propia inercia térmica del sistema. La mitad de este depósito será alimentada por el sistema de captación de energía solar térmica que dispondremos, mientras que la otra mitad se alimentará del circuito general de ACS dispuesto a tal efecto.

Teniendo en cuenta que en el mes de mayor demanda, ésta es de 68.455,76 kWh, y que suponiendo un tiempo de llenado de los depósitos de inercia de 8 horas al día, tendremos que encontrar una caldera de 276,02 kW para satisfacer dicha demanda.

4.2 Necesidades de calefacción

En la tabla 3 siguiente podemos apreciar la demanda de energía térmica que tendremos que satisfacer para compensar las pérdidas por conducción y ventilación en el total de edificios de la localidad, en forma de edificio equivalente, con un total de 1.492,64 kW, según el desglose de la mencionada tabla.

Los edificios del tipo A tienen unas pérdidas individuales de 7.433 W, los del tipo B 8.411 W, los del tipo C de 13.227 W y los del tipo D de 14.720 W, aproximadamente.

4.3 Potencia máxima estimada de la instalación de ACS y Calefacción

En la hipótesis de potencia máxima tenemos en cuenta una ocupación total de las viviendas del municipio, así como un uso por parte de ellas de ACS. Todo esto calculado para el mes de Enero, en el cual se dan las condiciones más desfavorables tanto de temperatura ambiente como de temperatura del agua de red.

Con todo, y sabiendo que la potencia de calefacción será de 1.492,640 kW y la potencia de ACS será de 276,02 kW.

Deberemos instalar dos calderas de 850 kW cada una, con el fin de modular la potencia de funcionamiento del sistema según sea la demanda diaria, como hipótesis inicial.

Tabla 3. Necesidades de calefacción

Edificio	Pérdidas por conducción (W)	Pérdidas por ventilación (W)	Pérdidas totales (W)	Número de edificios	Pérdidas del conjunto (W)
Tipo A	3.375,39	4.057,6	7.432,99	40	297.319,6
Tipo B	4.115	4.296,02	8.411,02	26	218.686,52
Tipo C	5.191,42	8.035,56	13.226,98	36	476.171,28
Tipo D	6.206,5	8.513	14.719,5	34	500.463
				TOTAL	1.492.640,40 W

Para asegurarnos el abastecimiento de ACS, y teniendo en cuenta un porcentaje de pérdidas del 10%, precisaremos una caldera de 320 kW de potencia, que mantendrá el depósito de acumulación dentro de los parámetros indicados de temperatura y capacidad de ACS en cada momento.

4.4 Necesidades energéticas anuales

Se considerará un uso de calefacción que abarca los meses desde octubre hasta marzo, ambos inclusive, con un horario de puesta en marcha que será el siguiente:

- Octubre y Marzo: De 15:00 a 23:00
- Noviembre a Febrero: De 12:00 a 00:00

Esto nos da un total de 496 horas de calefacción, en Octubre y Marzo, y de 1.440 horas el resto de meses, con un total anual de 1.936 horas de calefacción anuales.

En este cómputo tendremos en cuenta el uso continuo de una de las calderas, y un funcionamiento de la caldera suplementaria de un 35 % del tiempo total, por lo que las necesidades energéticas para satisfacer dicha demanda serán de 2.221,56 MWh/año.

En cuanto a la demanda de ACS, deberemos suponer que la caldera cubre el 100 % de la demanda ante fallos de los sistemas de captación solar, lo que supone un consumo medio de 320 kW durante 4 horas al día todos los días del año.

Esto nos da una demanda total de 467,2 MWh/año.

Con todo ello, necesitaremos biomasa suficiente para cubrir una demanda total de 2.688,76 MWh/año, como referencia (López-Ochoa, 2011).

5. Solución propuesta

La solución propuesta se presenta a continuación, habiendo sido la seleccionada después de varias alternativas planteadas, bajo la filosofía de la innovación y la sostenibilidad, partiendo de una viabilidad económica aceptable (López-González, 2009 y 2010).

5.1 Agua Caliente Sanitaria (ACS)

Para la obtención de agua caliente sanitaria tendremos dos circuitos independientes. Por una parte tendremos un sistema individualizado en cada vivienda consistente en la

colocación de captadores solares, depósitos de acumulación y todo lo necesario para la puesta en marcha de la instalación.

Este será nuestro sistema primario y el que estará preferentemente en funcionamiento cuando la demanda sea baja.

Contribución solar para el ACS

Se garantiza una contribución solar mínima por encima del 58 %, en todos casos, superior al mínimo legal establecido del 30 % anual.

Para los edificios del tipo A se colocan captadores de 1,90 m², con un depósito de acumulación auxiliar de 160 l.

Para los edificios del tipo B se colocan captadores de 2,20 m², con un depósito de acumulación auxiliar de 160 l.

Para los edificios del tipo C se colocan dos captadores de 2,80 m² cada uno, con un depósito de acumulación auxiliar de 200 l.

Para los edificios del tipo D se colocan dos captadores de 4,30 m² cada uno, con un depósito de acumulación auxiliar de 300 l.

Sistema auxiliar de producción de ACS

La producción de calor en momentos de gran consumo y escasa radiación solar se encomendará a una caldera capaz de quemar el combustible disponible: residuo biomásico pelletizado.

Para ello se tiene que garantizar que la caldera es capaz de suministrar la potencia máxima demandada por el sistema en picos de demanda, sin ayuda del apoyo solar o de los depósitos de inercia.

Por otro lado, tendremos un sistema central basado en una caldera de biomasa de 320 kW de potencia calorífica máxima, que entrará en funcionamiento cuando las necesidades totales del conjunto de edificios de la localidad así lo requieran.

De este modo lograremos reducir el consumo de combustible biomásico lo máximo posible, puesto que salvo momentos concretos la demanda se podrá satisfacer exclusivamente con el uso de los captadores solares.

La alimentación al hogar se realiza con un sinfín desde un depósito auxiliar integrado en la propia estructura de la caldera. Este depósito auxiliar será a su vez alimentado mediante una cinta transportadora desde el silo en el que se almacenarán los pellets provenientes del pretratamiento.

El fluido de trabajo de la caldera será agua desmineralizada, que se acumulará en una cisterna enterrada de 3.000 litros. Se considera oportuna la utilización de ese fluido de trabajo ya que garantiza una larga vida útil de la caldera, siendo además económico, seguro y no tóxico.

Debido a la utilización de un fluido de trabajo distinto, se utilizará un intercambiador de placas para traspasar el calor producido al sistema de acumulación.

Depósito de acumulación

El depósito de acumulación permite un ahorro térmico importante. La forma en la que permite dicho ahorro es diferente en verano y en invierno, pero básicamente consiste en reducir al mínimo posible los arranques en frío de la caldera, muy antieconómicos:

En verano, la fuente principal de calor son los captadores solares. Por regla general la energía otorgada por los captadores excede con mucho la demandada por el sistema. Pero

por variaciones puntuales de las condiciones atmosféricas (tormentas, calima, etc.) puede reducirse temporalmente el aporte de calor. Esta reducción puntual del aporte provocaría el arranque de la caldera. La inclusión de un depósito de inercia permite acumular energía que se emplearía durante esos momentos puntuales de falta de aporte.

En invierno, la inclusión de un depósito de inercia permite alargar de forma apreciable los ciclos arranque - parada de la caldera. Esto permite reducir de forma muy apreciable los arranques en frío de la caldera.

El depósito de inercia consistirá en una cisterna enterrada con un volumen de 20 m³. Este volumen permite almacenar la energía consumida durante 3 días en condiciones de verano (sólo ACS) o bien la energía producida por la caldera funcionando a plena potencia durante 4 horas.

La conexión de las cisternas se realizará en serie para estratificar en la medida de lo posible la temperatura en el depósito y maximizar la energía aprovechable. Por otro lado, las cisternas contarán con un by-pass que permita su anulación en caso de fuga de líquido.

Debido a razones de espacio, se considera oportuno construir el depósito enterrado. Debe tenerse en cuenta que la estructura que albergará la instalación se ubicará en una zona rural y que un sobredimensionamiento provocaría un notable impacto estético en el entorno. Los depósitos se aislarán adecuadamente.

5.2 Calefacción centralizada y redes de distribución

Calefacción centralizada

Para la generación de energía térmica destinada a calefacción, deberemos implementar un circuito cerrado que, saliendo de la planta de biomasa, abastezca de agua caliente a todos los edificios de la localidad que entran dentro del alcance del proyecto.

Dicho circuito será alimentado mediante dos calderas de biomasa de, como mínimo, 850 kW cada una, con el fin de que una de ellas funcione de manera continuada mientras una secundaria dé servicio a la instalación únicamente en aquellos momentos en los que la demanda así lo determine.

Además, se instalará una cisterna de inercia de 6 m³, enterrada y similar a la utilizada para la instalación de ACS, con el fin de evitar los arranques en frío de las calderas y economizar en gran manera el rendimiento de estas. Se dispone de todos los auxiliares necesarios.

Las calderas de biomasa seleccionadas son de una marca de referencia internacional de 1000 kW cada una de potencia máxima. La alimentación se realizará con una cinta transportadora doble que partirá de un silo habilitado para almacenar la biomasa ya pretratada.

Redes de distribución

El calor producido por el sistema se distribuirá por las viviendas a través de una red bitubular cerrada en anillo. La red de ida estará dotada de recirculación. La configuración en anillo permite aislar un tramo de la red para acometer reparaciones sin interrumpir el suministro, eso si, se interrumpe la recirculación por la rama de ida.

De la red de distribución principal, los diferentes consumidores toman el agua caliente directamente a través de acometidas. En las derivaciones a cada vivienda se montará un contador que individualice el consumo para cada abonado.

Todas las circulaciones están forzadas por bombas.

La red de distribución se construirá con tubería especial, normalizada, de PP reforzado con fibra de vidrio.

5.3 Combustible y central térmica de biomasa

Obtención y tratamiento del combustible

El proceso que sigue el recurso biomásico desde su zona de recogida hasta que se encuentra listo para ser introducido en los silos de la caldera es el siguiente:

- Recogida y astillado de materia prima
- Transporte de materia prima
- Tratamiento de la materia prima (pretratamiento y tratamiento)

Estos aspectos se salen del alcance de la ponencia, si bien se han considerado todos en su totalidad (Martínez-Martínez, 2012).

Central térmica de biomasa para ACS y calefacción

La planta de biomasa y sus auxiliares se plantean en una parcela municipal. En las figuras 4 y 5 se muestra el solar donde se ubicará la planta y una recreación virtual de las instalaciones sobre la parcela, respectivamente (Sala-Lizarraga, 2002).

Figura 4. Localización de las instalaciones



Figura 5. Recreación de las instalaciones sobre la parcela



6. Conclusiones

La solución completa planteada tiene un coste de 1,61 millones de euros, pudiendo facturarse anualmente 2.688,76 MWh/año que a un precio razonable de algo menos de 0,11 euros/kWh puede suponer una cantidad de ingresos anuales de puede resultar del orden de los 2,91 millones de euros.

Los gastos anuales estimados pueden ser de 130.204 euros anuales, en el primer año.

Con varias hipótesis verosímiles, con las previsiones de los costes de la biomasa y de los derivados del petróleo, sus incrementos razonables anuales, la aportación de biomasa autóctona, etc. nos ponen de manifiesto que los resultados son aceptables.

Podemos decir que estos resultados nos dan un VAN de la inversión en un plazo de 20 años del 34,8 % de la inversión inicial, dando resultados positivos por encima del año 14.

Con ingresos extras, por ejemplo subvenciones, los números serían excelentes.

Se necesitan anualmente unas 850 t/año para su aprovechamiento inmediato térmico, si bien se disponen de unos recursos mayores de las 2.666 t/año, lo que significa que se tienen recursos suficientes.

No se han contemplado otro tipo de ingresos como pueden ser los generados por la actividad del tratamiento y conservación de los montes, adecuación de biomasa, venta a terceros, realización de servicios en la Sierra mancomunados, etc.

La biomasa, en un contexto de la planificación integral del territorio, es una solución perfectamente válida y con una rentabilidad muy elevada, consiguiendo en muchos casos un re-equilibrio regional y una forma de conservar el patrimonio de bosques y su cultura de conservación milenaria. Hay disponibles soluciones perfectamente válidas, técnicas y económicas, que pueden fomentar el uso de la biomasa, dependiendo del lugar y del entorno. Independientemente de todo, es preciso innovar y planificar integralmente el territorio.

En la actualidad, en la Sierra Riojana hay una serie de iniciativas públicas y privadas muy interesantes, que son viables y mejoran la calidad de vida de los usuarios y del entorno natural, con biomasa forestal y agrícola.

La solución planteada es realista, viable y sostenible, pudiéndose implementar gradualmente. La solución dada en esta ponencia a Viniegra de Abajo sirve para la mayoría de las localidades que se hallan en la Sierra Riojana por sus similitudes en tipología de viviendas, recursos naturales, configuración de los pueblos y municipios, forma de vida, habitantes, etc.

En cada caso, se deberá adaptar su dimensionamiento, si bien la filosofía de trabajo es la misma: buscar soluciones viables y sostenibles, también económicamente. Si añadimos los ingresos extraordinarios, bien de subvenciones, bien de otras actividades complementarias, es cuando los números son altamente atractivos.

7. Agradecimientos

Tanto el Grupo de Investigación GI-TENECO como los autores agradecen a todas las autoridades y vecinos, en general, de Viniegra de Abajo (La Rioja) el apoyo constante en todo lo relacionado con las posibles mejoras de la localidad y el estudio de los recursos naturales de la Sierra, en la búsqueda de la sostenibilidad.

En este agradecimiento colectivo destaca nuestro buen amigo el Ingeniero David Martínez Martínez, dándose la circunstancia de que él y su familia proceden de la localidad.

8. Referencias

- López-González, Luis M. y López-Ochoa, Luis M. “El Sector de la Construcción en La Rioja: La estrategia de la innovación”, Grupo de Termodinámica Aplicada, Energía y Construcción (GI-TENECO), Logroño, 2009 (acceso restringido).
- López-González, Luis M. y López-Ochoa, Luis M. “El Sector de la Construcción en España: La estrategia de la innovación”, Grupo de Termodinámica Aplicada, Energía y Construcción (GI-TENECO), Logroño, 2010 (acceso restringido).
- López-Ochoa, Luis M., García-Lozano, C., Juárez-Castelló, Manuel C., y Doménech-Subirán, J. “Soluciones generales en situaciones especiales para edificios de viviendas mediante el empleo de calderas de biomasa de forma competitiva”, XV Congreso Internacional de Ingeniería de Proyectos, páginas 1446-1462, Huesca, 2011.
- Martínez-Martínez, D., López-González, Luis M. y López-Ochoa, Luis M. “Instalación central de calefacción y agua caliente sanitaria en Viniegra de Abajo (La Rioja) empleando energías renovables”, Universidad de La Rioja, Logroño, 2012.
- Sala-Lizarraga, José M. y López-González, Luis M. “Plantas de valorización energética de la biomasa”, Editorial Ochoa, Logroño, 2002.

Correspondencia (Para más información contacte con):

Luis María López Ochoa
Universidad de La Rioja
Escuela Técnica Superior de Ingeniería Industrial
Departamento de Ingeniería Mecánica
Grupo de Termodinámica Aplicada, Energía y Construcción (GI-TENECO)
C/ Luis de Ulloa, 20. 26004 Logroño (La Rioja)
Phone: +34 941 299 526, + 34 618 516609
Fax: + 34 941 299 794
E-mail: luis-maria.lopezo@unirioja.es
URL: <http://www.unirioja.es>