

## EL EMPLEO DE LA GEOTERMIA EN EDIFICIOS PÚBLICOS COMO SOLUCIÓN REALISTA Y EFICIENTE EN LA RIOJA. EL EJEMPLO DE LOGROÑO

Luis M. López-Ochoa, Luis M. López-González, 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

Renewables are increasingly important in Spain. The European objective of 20-20-20 (20% energy saving, 20% use of renewables, 20% reduction of CO<sub>2</sub>) by 2020 is being achieved, albeit with difficulties. Once the current economic crisis has been overcome, Spain will maintain actions consistent with these goals.

Government departments must take the lead in all these processes, especially in renewables such as geothermal energy, which involves so many difficulties due both to its operational features and the volume of investment required.

An example is given of a public building designed to use geothermal energy. Its profitability and economic possibilities are analysed, along with its amortisation period, advantages and disadvantages, etc.

There is sufficient technology to use geothermal energy and costs can be expected to decrease. With prices for conventional energy rising, the profitability of geothermal energy will improve and in the future there will be more representative installations in La Rioja, one of the pioneers in Spain.

Public buildings must have installations with geothermal energy, anticipating the expected future increase in profitability, as a clear sign of environmental sustainability and the importance of European objectives.

**Keywords:** *renewable energies; sustainability; geothermal energy; public buildings*

### Resumen

Las energías renovables son cada vez más importantes en España. El objetivo europeo 20-20-20 (20 % de ahorro energético, 20 % de uso de las renovables, 20 % de disminución del CO<sub>2</sub>) para el 2020 va asentándose, si bien con dificultades. Una vez sea superada la actual crisis económica España mantendrá unas actuaciones consecuentes con estos postulados.

Las administraciones públicas deben estar liderando todos estos procesos, especialmente, en aquellas energías renovables como es la geotermia que tantas dificultades conlleva por sus particularidades operativas y por los costes de las inversiones necesarias.

Se muestra un ejemplo de edificio público diseñado con geotermia analizando la rentabilidad y las posibilidades económicas, el plazo de amortización, las ventajas e inconvenientes, etc.

Hay tecnología suficiente para emplear la geotermia siendo previsible que los costes actuales disminuyan. Por otra parte, con las subidas de los precios de las energías convencionales la rentabilidad de la geotermia mejorará y en un futuro tendremos más instalaciones representativas en La Rioja, una de las pioneras de España.

Los edificios públicos deben disponer de instalaciones con geotermia, adelantándose a la previsible mejora de la rentabilidad futura, como señal inequívoca de la sostenibilidad medioambiental y de la importancia de los objetivos europeos.

**Palabras clave:** *Energías renovables; sostenibilidad; geotermia; edificios públicos*

## **1. Introducción**

Las energías renovables son cada vez más importantes en España. El objetivo europeo 20-20-20 (20 % de ahorro energético, 20 % de uso de las renovables, 20 % de disminución del CO<sub>2</sub>) para el 2020 va asentándose, si bien con dificultades. Una vez sea superada la actual crisis económica España mantendrá unas actuaciones consecuentes con estos postulados.

Las administraciones públicas deben estar liderando todos estos procesos, especialmente, en aquellas energías renovables como es la geotermia que tantas dificultades conlleva por sus particularidades operativas y por los costes de las inversiones necesarias (López-González, 2009 y 2010).

## **2. El edificio**

El edificio objeto de estudio se trata de un centro de día y hogar de personas mayores que se divide en tres plantas: sótano, baja y primera.

En la planta baja se realiza el grueso del programa de actividades requerido distribuyéndose los espacios básicos tanto del centro de día como del hogar de personas mayores. Se plantea también la colocación de una cafetería que podrá funcionar de forma autónoma al resto del edificio.

En la planta primera se sitúan las estancias cuyo uso es menos específico y más esporádico, como son las aulas de usos múltiples, los invernaderos y la zona administrativa.

En el sótano se dispone de un garaje privado de 14 plazas, de las cuales dos serán adaptadas. Además se habilitan aquí los espacios necesarios para vestuarios, instalaciones y almacenes de mobiliario.

La cubierta es plana excepto en el cuerpo central que es a cuatro aguas hacia el interior.

## **3. Necesidades térmicas del edificio**

Las necesidades térmicas de producción de calor y de frío, y de ACS del edificio de estudio se muestran en las tablas 1 y 2, respectivamente.

**Tabla 1: Necesidades térmicas de producción de calor y de frío**

<b>NECESIDADES TÉRMICAS</b>		
<b>PLANTA Y ORIENTACIÓN</b>	<b>PRODUCCIÓN CALOR (kW)</b>	<b>PRODUCCIÓN FRIO (kW)</b>
Planta baja suroeste	22,85	22,85
Planta baja noreste	18,40	18,40
Planta baja noroeste	34,20	34,20
Planta baja sureste	47,50	47,50
Planta primera norte	40,00	40,00
Planta primera sur	38,20	38,20
Cafetería	60,80	68,70
<b>TOTAL:</b>	<b>261,96</b>	<b>269,86</b>

**Tabla 2: Necesidades de producción de ACS**

<b>Gasto diario (l/día)</b>	569,337
<b>Caudal medio periodo punta (l/s)</b>	0,0198
<b>Duración punta (s)</b>	7.200
<b>Duración valle (s)</b>	14.400
<b>Duración total (s)</b>	21.600
<b>Temperatura utilización (°C)</b>	48
<b>Temperatura preparación (°C)</b>	10

## **4. Soluciones con la geotermia**

### **4.1 Empleo de dos bombas geotérmicas**

Se utilizará de forma independiente cada una de las bombas geotérmicas agua/agua.

Dependiendo de la potencia necesaria se destinarán las sondas geotérmicas necesarias a cada una de las bombas.

Independizando cada bomba geotérmica con sus propios pozos geotérmicos y un depósito de inercia, se logran obtener dos subsistemas independientes: uno exclusivamente para frío y otro exclusivamente para calor y ACS.

La bomba geotérmica principal es la de mayor potencia de las dos, y su depósito de inercia es el de mayor capacidad, ya que trabajará como fuente de energía principal dependiendo del período en el que se encuentre aportando la mayor parte de energía al sistema.

Por ejemplo, en modo verano, la bomba de mayor potencia trabajará aportando frío cediendo calor al terreno mediante el intercambio de las sondas geotérmicas trabajando estas como condensador y aportando frío al depósito de inercia mediante el evaporador. Nunca a lo largo de un modo (período) cambiará el ciclo.

Mientras que la bomba geotérmica de menor potencia se encargará de la producción minoritaria en dicho período. En este caso, de la producción de ACS y calor para la climatización.

El funcionamiento se basa en almacenar agua en los depósitos de inercia. Cuando exista demanda, el sistema la cubre mediante el agua almacenada y no se pone en funcionamiento la bomba geotérmica.

El sistema permite el trabajo en dos modos o periodos, modo invierno y modo verano. En dichos periodos, se pueden dar diferentes tipos de demanda dependiendo la funcionalidad del edificio. Mediante sondas de temperatura y electro-válvulas de tres vías todo/nada, el sistema trabajará para abastecer las necesidades térmicas requeridas en función de la temperatura de consigna que se establezca.

Las bombas geotérmicas se pondrán en marcha sólo cuando la sonda de temperatura de los depósitos llegue a la temperatura de consigna que se establezca.

Se hace trabajar a las bombas geotérmicas contra los depósitos de inercia y al tratarse de instalaciones grandes se minimiza el número de encendidos y apagados de las máquinas, procurando que estos sean de menor número pero al mismo tiempo de mayor duración.

Una vez almacenada nuestra energía en los depósitos, el edificio puede estar dotado de diferentes tipos de elementos terminales para climatizar, suelo radiante, radiadores, fancoils, etc. Desde el punto de vista del diseño del sistema de producción, será diferente, ya que el sistema que compone los elementos terminales trabajará de forma independiente contra los depósitos de inercia.

Se consiguen altos rendimientos al tratarse de un sistema geotérmico de baja temperatura cuando se combina con un elemento terminal como el suelo radiante.

#### **4.1.1 Funcionamiento en modo verano**

Cuando el sistema se encuentre trabajando en modo verano, la bomba principal o de mayor potencia, trabajará aportando frío al depósito de inercia para climatizar el edificio, mientras que la segunda bomba geotérmica, trabajará aportando calor para el ACS y climatización si es necesario.

Cuando la instalación se encuentra en modo verano se estudian dos ciclos de trabajo posibles:

- a) Producción de frío en todo el edificio y abastecimiento de ACS
- b) Producción de frío y calor en el edificio y ACS

#### **4.1.2 Funcionamiento en modo invierno**

Cuando el sistema se encuentre trabajando en modo invierno, la bomba principal o de mayor potencia trabajará aportando calor al depósito de inercia y al depósito de ACS, mientras que la segunda bomba geotérmica trabajará aportando frío para climatización si es necesario.

En los edificios, que no exista demanda de frío en modo de invierno, la bomba geotérmica secundaria se destinará a la producción de ACS y si existe una fuerte demanda, servirá de apoyo para la producción de calor destinada a climatizar el edificio, siempre teniendo prioridad la producción de ACS.

Cuando la instalación se encuentra en modo invierno se estudian dos ciclos de trabajo posibles:

- a) Producción de calor en todo el edificio y abastecimiento de ACS
- b) Producción de calor/frío en todo el edificio y abastecimiento de ACS

## 4.2 Empleo de una bomba geotérmica

En este sistema también el funcionamiento del sistema es dividido en modo verano y modo invierno.

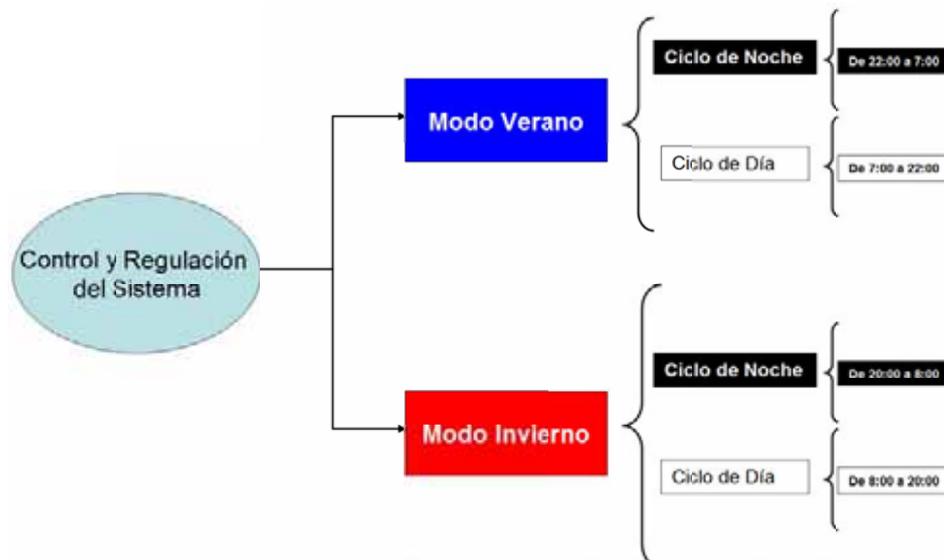
Se debe combinar el uso de los pozos, así como, realizar el almacenamiento de agua caliente tanto en un depósito de ACS como en depósitos de inercia para la climatización del edificio.

Se sobredimensionarán los depósitos de almacenamiento para que los cambios de ciclo se produzcan en dos períodos: uno durante el día y otro durante la noche.

Se debe impedir el cambio de ciclo en un período: si durante la noche la bomba trabaja produciendo frío, la regulación estará diseñada para que durante el día trabaje produciendo calor que será la mayor demanda en este período.

Un esquema de los ciclos de trabajo se muestra en la figura 1.

**Figura 1: Emisiones de CO<sub>2</sub> a la atmósfera en la producción de frío**



Se deben evitar los cambios de ciclo de trabajo de la bomba en la mayor medida de lo posible.

Durante el ciclo de noche la instalación trabajará produciendo frío en modo invierno y calor en modo verano, para que durante el ciclo de día la bomba trabaje abasteciendo la mayor demanda exigida en el período que se encuentre.

Al igual que la instalación con dos bombas, hemos estudiado diferentes tipos de situaciones dependiendo de la funcionalidad del edificio. Mediante sondas de temperatura y electroválvulas de tres vías todo/nada, el sistema trabajará para abastecer las necesidades térmicas requeridas.

### 4.2.1 Funcionamiento en modo verano

Cuando el sistema se encuentre trabajando en modo verano, la bomba trabajará aportando frío al depósito de inercia para climatizar el edificio. Cuando se requiera demanda de ACS, la bomba cambiará de ciclo para abastecer al depósito de ACS y climatización si es necesario. El control y regulación del sistema estará configurado para dar prioridad a la demanda de ACS ante la demanda de producción para climatización.

Durante el periodo nocturno, la instalación trabajará en ciclo de calor abasteciendo el depósito de ACS, estando este a la temperatura óptima para que al comienzo de la actividad en el edificio, la instalación trabaje en ciclo frío ya que será la mayor demanda en este periodo.

Si el edificio, debido a su actividad, requiere la producción de calor en el periodo de verano, estará provisto de un depósito de inercia para acumular agua caliente para climatización.

Tanto este depósito como el inter acumulador de Agua Caliente Sanitaria, se sobredimensionarán en un 15 % del volumen necesario con la finalidad de evitar los cambios de ciclo durante un período.

Cuando la instalación se encuentra en modo verano se estudian dos ciclos de trabajo posibles:

- a) Producción de frío en todo el edificio y abastecimiento de ACS
- b) Producción de frío/calor en el edificio y ACS

#### **4.2.2 Funcionamiento en modo invierno**

Cuando el sistema se encuentre trabajando en modo invierno, la bomba trabajará aportando calor al depósito de inercia principal para climatizar el edificio y al inter acumulador de ACS

En el momento que se requiera demanda de agua fría para climatización, la bomba cambiará de ciclo para abastecer al depósito de inercia secundario. El control y regulación del sistema estará configurado para dar prioridad a la demanda de ACS ante la demanda de producción de calor para climatización.

Cuando el edificio precise la producción de frío para climatización, durante el periodo nocturno, la instalación trabajará en ciclo de frío para abastecer el depósito de agua fría. Una vez la sonda de temperatura del depósito secundario alcance la temperatura de consigna, la bomba geotérmica cambiará de ciclo y subirá la temperatura del depósito de ACS hasta alcanzar la temperatura de consigna. Una vez termine con el depósito de ACS trabajará contra el depósito de inercia de calor para dejar listos los tres depósitos al comienzo de la jornada.

De esta manera se evitará el cambio de ciclo de la bomba durante el periodo de trabajo de día, el cual la bomba trabajará aportando calor al depósito de inercia principal, ya que en este periodo será la mayor demanda.

Anteriormente se ha comentado que el depósito secundario y el íter acumulador de ACS, en la instalación con una bomba, se sobredimensionarán en un 15% del volumen necesario con la finalidad de evitar los cambios de ciclo durante el día.

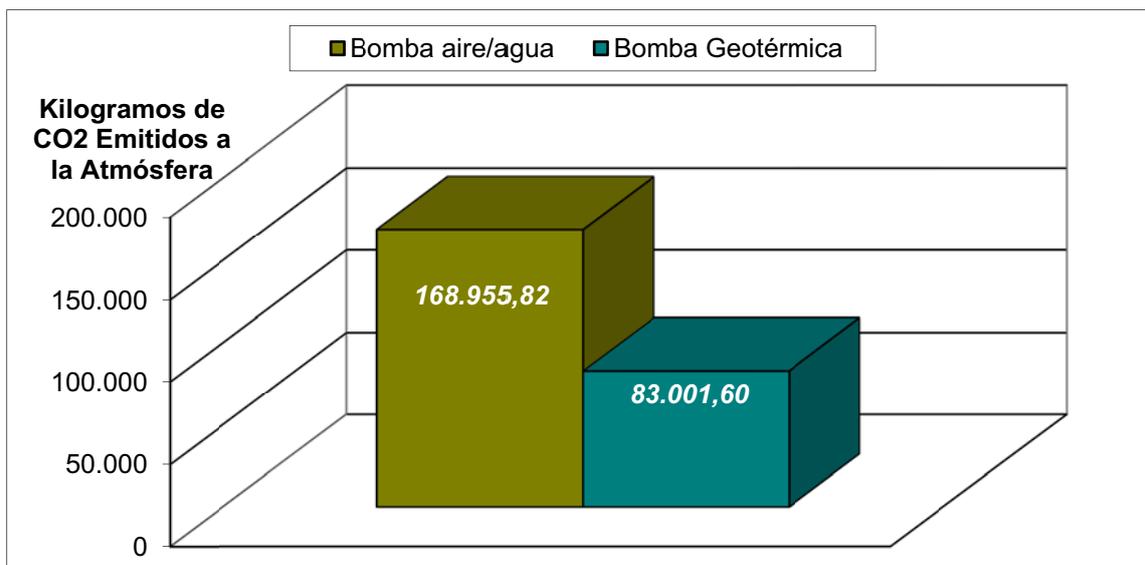
Cuando la instalación se encuentra en modo invierno se estudian dos ciclos de trabajo posibles:

- a) Producción de calor en todo el edificio y abastecimiento de ACS
- b) Producción de calor y frío en el edificio y ACS

## **5. Comparativa de emisiones**

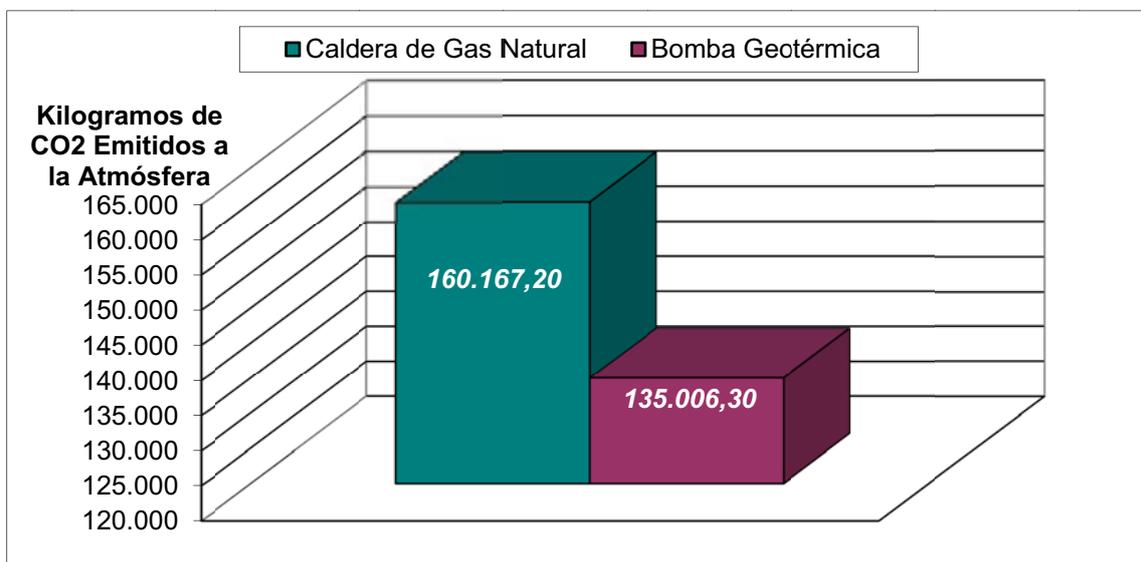
A continuación, vamos a realizar la comparativa entre las emisiones de CO<sub>2</sub> a la atmósfera de los sistemas comparados. Así en la figura 2 comparamos las emisiones produciendo frío entre una bomba de calor aire/agua y una bomba de calor agua/agua.

**Figura 2: Emisiones de CO<sub>2</sub> a la atmósfera en la producción de frío**



Como se aprecia en la figura 2, la bomba de calor aire/agua, en producción de frío, emite a la atmósfera 85.954,22 kg de CO<sub>2</sub> más que la bomba de calor geotérmica agua/agua. Si comparamos las emisiones produciendo calor entre una caldera de gas natural y una bomba de calor agua/agua. Como se aprecia en la figura 3, la caldera de condensación, en producción de calor, emite a la atmósfera 25.160,7 kg de CO<sub>2</sub> más que la bomba de calor geotérmica agua/agua.

**Figura 3: Emisiones de CO<sub>2</sub> a la atmósfera en la producción de calor**



## 6. Mantenimiento

El coste de mantenimiento de las instalaciones depende de si tiene una bomba geotérmica o dos. Con una bomba geotérmica los costes anuales son de 4650,63 € (sin IVA) y con dos bombas geotérmicas el coste es de 5.411,94 € (sin IVA).

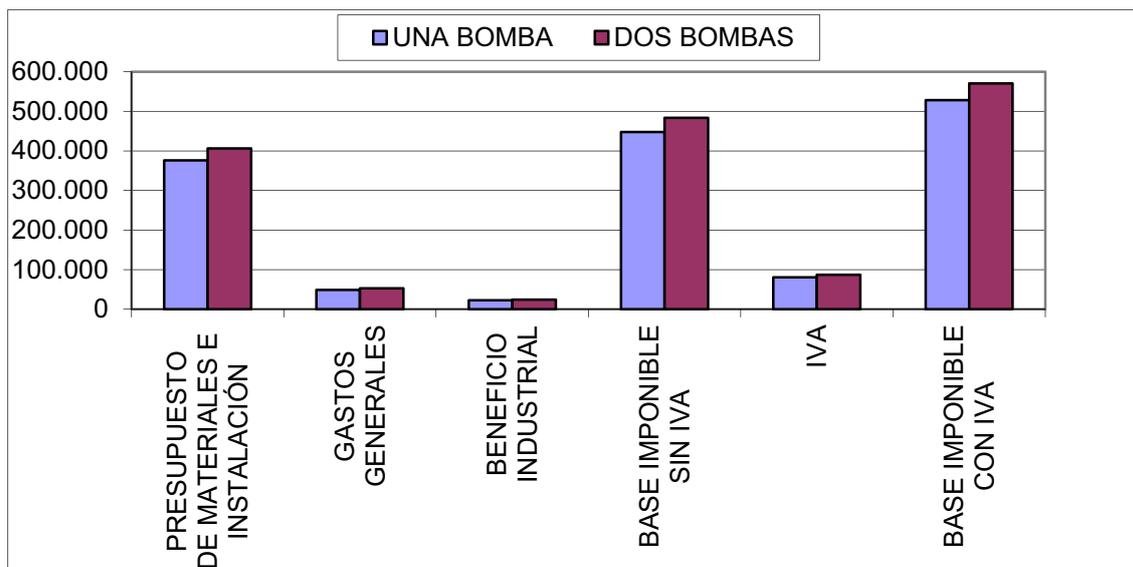
## 7. Comparativa de costes

En los estudios económicos referentes al coste de la instalación, podemos observar en la tabla 3 y figura 4 cómo en la instalación mediante dos bombas geotérmicas la inversión es mayor, concretamente en 35.653,56 Euros.

Tabla 3: Comparativa de presupuesto de los sistemas estudiados

	UNA BOMBA	DOS BOMBAS	DIFERENCIA
<b>PRESUPUESTO DE MATERIALES E INSTALACIÓN (€)</b>	376.290,71	406.251,69	29.960,98
<b>GASTOS GENERALES (€)</b>	48.917,79	52.812,72	3.894,93
<b>BENEFICIO INDUSTRIAL (€)</b>	22.577,44	24.375,10	1.797,66
<b>BASE IMPONIBLE SIN IVA (€)</b>	447.785,95	483.439,51	35.653,56
<b>IVA (€)</b>	80.601,47	87.019,11	6.417,64
<b>COSTE CON IVA (€)</b>	528.387,42	570.458,63	42.071,21

Figura 4: Comparativa de presupuesto de los sistemas estudiados



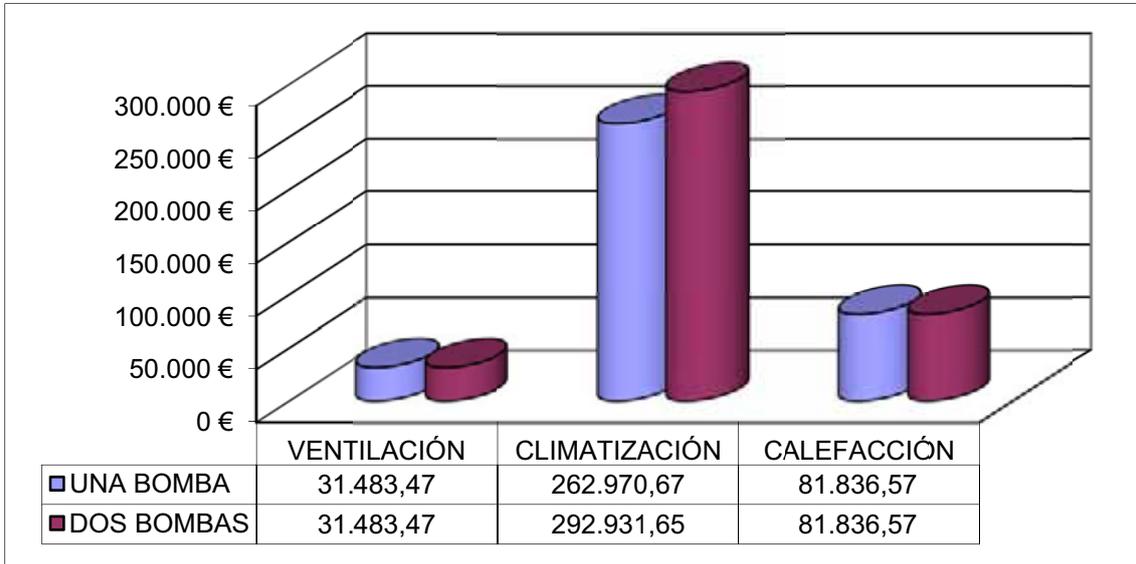
## 8. Costes de Materiales e Instalación

Al analizar los presupuestos, se puede ver que las partidas en las que se eleva el coste son en la bomba de calor geotérmica, en el cuadro eléctrico de la instalación, y en la regulación y control del sistema. Es evidente que la programación será de mayor complejidad en el caso de controlar una instalación mediante dos bombas de calor que en el caso de tratarse de una instalación con una bomba de calor, ya que las operaciones de control se multiplican.

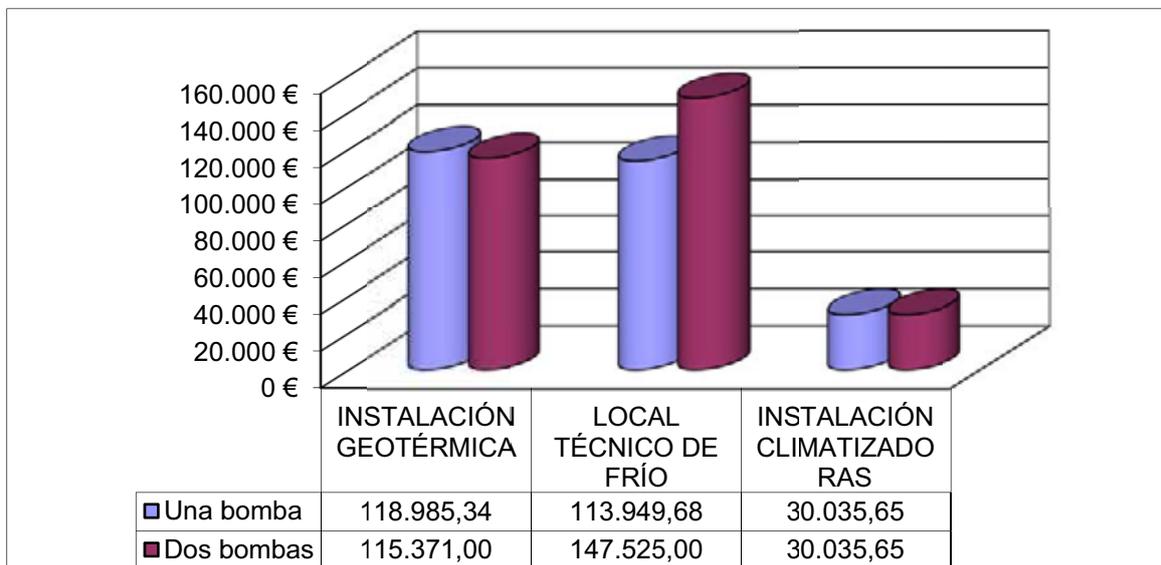
En la figura 5 se muestran graficados y en valor los costes de instalación y materiales de los diferentes sistemas en las partidas generales, pudiéndose apreciar como la mayor diferencia

se produce en el apartado de climatización, por lo que en la figura 6 se analiza con detenimiento dicha partida.

**Figura 5: Comparativa del coste de instalación y materiales de los sistemas estudiados**

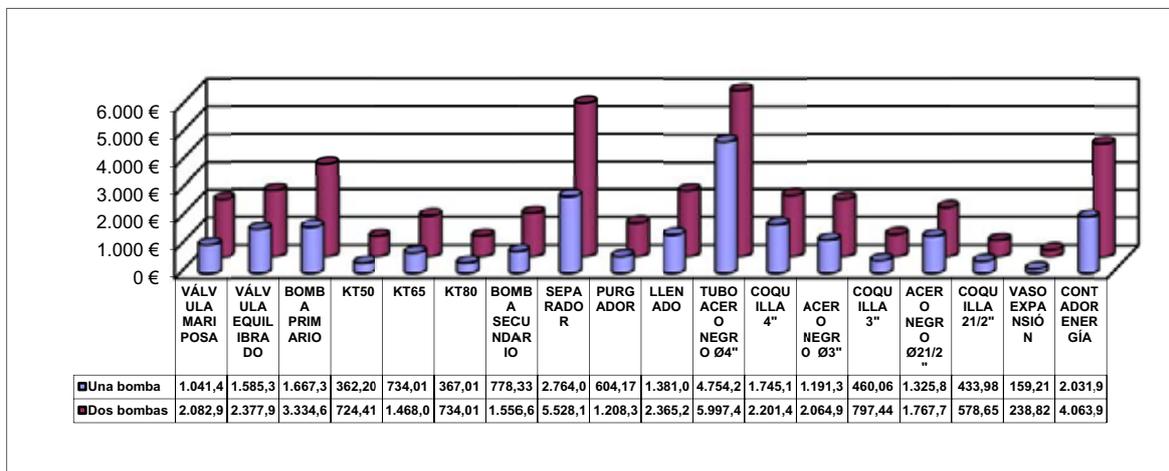


**Figura 6: Análisis desglosado de la partida de climatización**



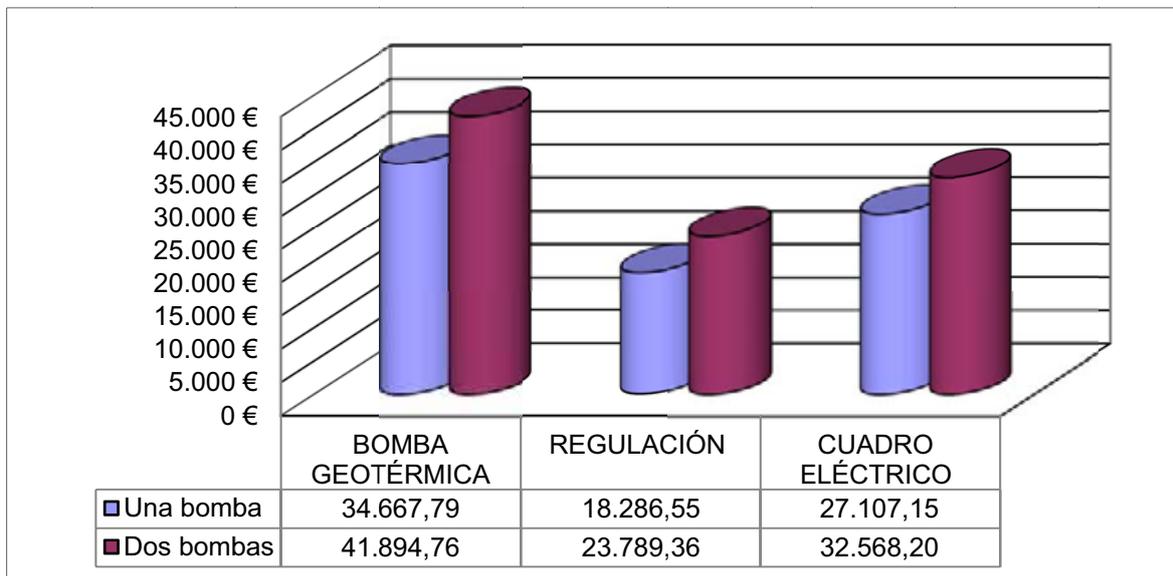
En la figura 7 se muestra la diferencia de coste en materiales que no suponen grandes inversiones en las partidas del local técnico de frío:

**Figura 7: Comparativa en materiales de coste bajo del local técnico de frío**



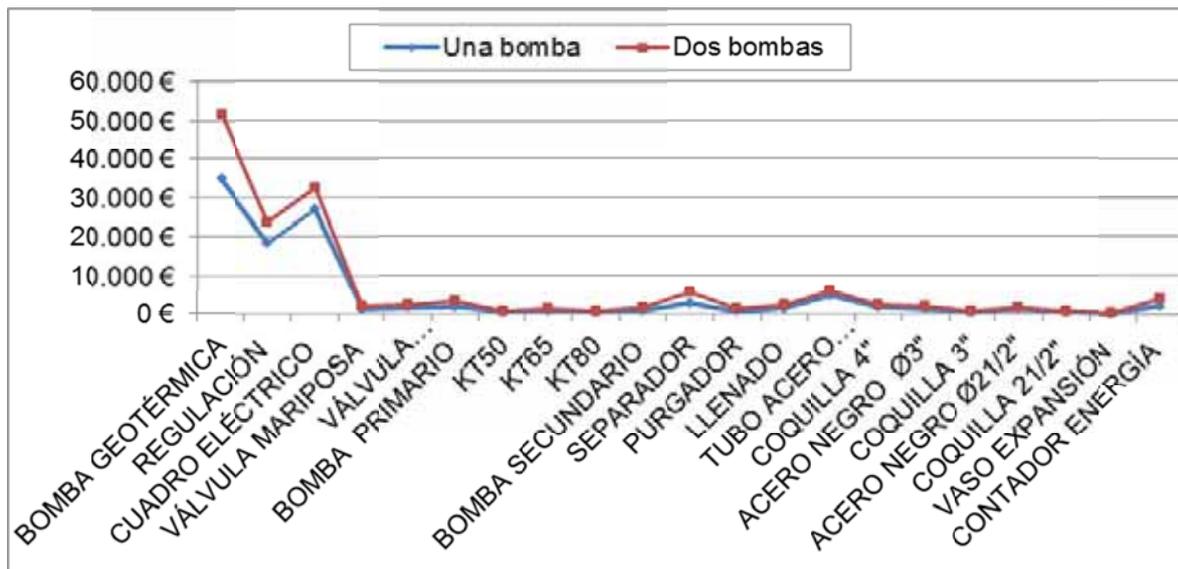
En la figura 8 se pasa a realizar el análisis en las partidas de mayor coste del local técnico de frío:

**Figura 8: Comparativas de las partidas de mayor coste del local técnico de frío**



Para concluir el análisis económico de las instalaciones, en la figura 9, se realiza una comparativa total del coste de las dos instalaciones:

Figura 9: Comparativa de costes de todas las partidas del local técnico de frío



## 9. Conclusiones

La Administración española debe potenciar, aún más si cabe, las energías renovables, especialmente tras los planteamientos europeos del famoso 20-20-20 en el año 2020.

La geotermia es una solución válida y aporta a la sociedad riojana un potencial estratégico elevado al existir en La Rioja empresas instaladoras de primera línea, con una sólida tradición innovadora, dotadas de una estructura equilibrada y solvente, con plantillas consolidadas de muy alto nivel.

La Administración debe seguir apoyando al tejido empresarial riojano y de forma más intensa a las empresas innovadoras.

Los incrementos de los costes en las instalaciones con geotermia respecto a las energías convencionales es importante, superando en la inversión inicial entre un 10 % y un 35 % de las soluciones clásicas, pero recuperando posteriormente con los ahorros periódicos.

No obstante, los edificios públicos deben dar ejemplo de elegancia estética, rigor en su diseño y funcionalidad, eficiencia en su uso y sostenibilidad en el continente y en sus instalaciones, con un componente innovador que la geotermia puede dar en la actualidad.

## 10. Referencias

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-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).

## 11. Agradecimientos

Tanto el Grupo de Investigación GI-TENECO como los autores agradecen a SAPJE, S. L. (Grupo SAPJE) de Logroño el apoyo constante en todo lo relacionado con las energías renovables y al buen Ingeniero y amigo Álvaro Bolumburu su colaboración y notables aportaciones en estos temas energéticos y en otros relacionados con el Sector del Automóvil.

Este agradecimiento se amplía a los directivos y propietarios del Grupo SAPJE por su visión estratégica de las colaboraciones Universidad-Empresa.

### **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: +34 941 299 516, + 34 618 516609  
Fax: + 34 941 299 794  
E-mail : [luis-maria.lopezo@unirioja.es](mailto:luis-maria.lopezo@unirioja.es)  
URL : <http://www.unirioja.es>