

Edificios de viviendas de cero emisiones de CO₂



House buildings with zero CO₂ emissions

Jesús Amiano-Guevara
Ingeniero industrial
Dirección de Vivienda del Gobierno Vasco

Recibido: 29/06/09 • Aceptado: 21/09/09

ABSTRACT

- Capturing natural energy through a heat pump is the most economical, efficient and environmentally sustainable way of satisfying the demand of heating and hot water in a building.
- By producing enough renewable electric power to balance that consumed by the heat- pump, the building will not consume power for heating and hot water.
- **Keywords:** Energy generator building, renewable energies, thermal energy, heat pump.

RESUMEN

La forma más económica, eficiente y sostenible con el medio ambiente de satisfacer la demanda ahorrativa de energía térmica para calefacción y agua caliente sanitaria en un edificio de viviendas, es la captación de esta energía procedente de la naturaleza, por un sistema eficiente de bomba de calor.

Una producción de energía eléctrica renovable suficiente para compensar el consumo de energía de la bomba de calor, hará que el edificio consuma cero de energía en calefacción y agua caliente sanitaria.

Palabras clave: Edificio generador de energía, energías renovables, energía térmica, bomba de calor.

1. INTRODUCCIÓN

En la naturaleza existe una cantidad inconmensurable de calor a niveles térmicos muy cercanos al necesario para utilización en calefacción y agua caliente sanitaria en Edificios de viviendas.

Los niveles térmicos que necesitamos para calefacción y ACS están muy próximos a la temperatura del cuerpo humano. Fig-1.

La corteza de la Tierra se calienta por las radiaciones solares, especialmente en verano. Esta transferencia de energía térmica del Sol a la Tierra por radiación se almacena en la corteza terrestre, en los mares, la tierra, el aire, etc.

En la tierra, en el aire tiene una gran inercia térmica, es capaz de almacenar cantidades enormes de calor y mantenerlas en sus profundidades a una temperatura casi constante.

Conforme aumenta la distancia desde la superficie de la tierra al punto de prueba, aumenta la temperatura y también se hace más estable estacionalmente.

En el agua también se almacena una gran cantidad de energía térmica y debido a su gran conductibilidad térmica, se realiza una mejor transferencia de calor que con la tierra.

El mar, los acuíferos y los ríos pueden ser potencialmente grandes suministradores de energía térmica. Nuestros ríos, que fueron hace siglos la fuerza motriz de las ferrerías y después de las mini-centrales eléctricas, podrían ser hoy día suministradoras de energía térmica además de fuerza de motriz de las mini centrales hidroeléctricas.

También el aire puede ser portador de una gran cantidad de energía térmica, aunque presenta el inconveniente de que estacionalmente los cambios de temperatura pueden ser muy grandes, incluso dentro de periodo horario diario. La captura del calor a bajas temperaturas se hace mucho más difícil.

Por consiguiente, si tenemos energía térmica en la naturaleza utilicémosla, adecuando su nivel térmico a nuestras necesidades de uso domestico por medio de “bombeo de calor”, sin necesidad de recurrir a la combustión (carbonados), causante de las emisiones de CO₂.

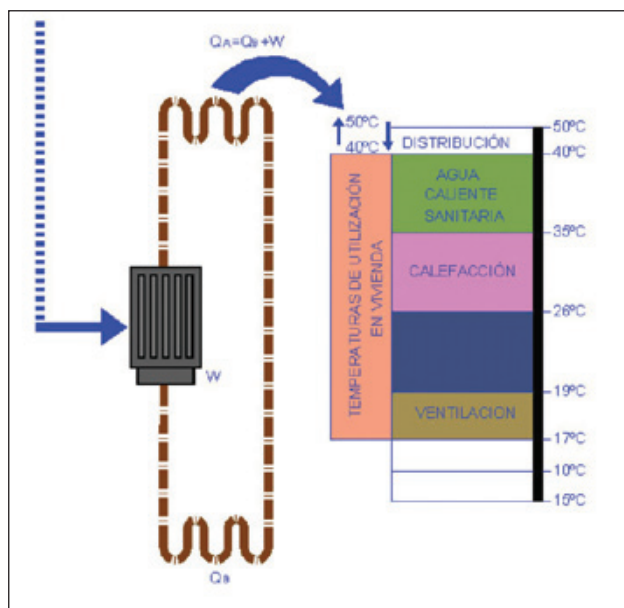


Fig-1

Frecuentemente el calor y la temperatura son sustantivos que están incorporados al lenguaje popular y sus conceptos se confunden y se entremezclan.

La transferencia de energía térmica de un cuerpo a otro se llama calor. El nivel de energía térmica lo medimos por la temperatura.

El calor siempre fluye de forma natural de las altas temperaturas a las bajas, es decir, del foco caliente al foco frío, tratando de igualarse ambas temperaturas fig -2a.

El efecto de la bomba de calor es el inverso a la transferencia de calor natural, es decir, del foco frío al foco caliente. Fig 2b.

La bomba de calor, utilizando una cantidad de energía relativamente pequeña, es capaz de invertir el ciclo natural y llevar el calor del foco frío al foco caliente.

La bomba de calor es una máquina térmica que transmite energía en forma de calor de un foco frío a otro caliente aportando trabajo de compresión

Una bomba de calor a través de los cambios de fase de un líquido de bajo punto de ebullición, absorbe y cede calor

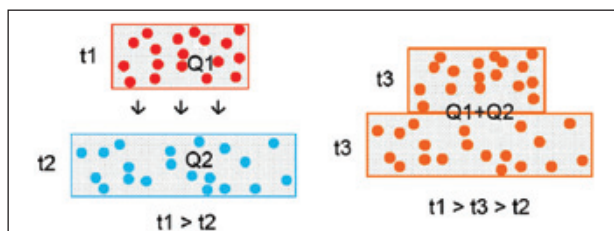


Fig-2a

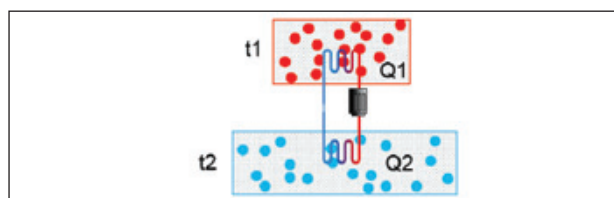


Fig-2b

(calor latente) al medio que lo rodea. Por medio del compresor aportamos trabajo (W) y llevamos calor (absorbido) de la fuente de baja temperatura a la de alta temperatura.

El rendimiento o coeficiente de prestación de una bomba de calor es:

$$\eta = \frac{Q_A}{Q_A - Q_B} = \frac{T_A}{T_A - T_B}$$

o lo que es lo mismo

$$\eta = \frac{1}{1 - \left(\frac{T_B}{T_A} \right)}$$

Este es el rendimiento teórico, o rendimiento ideal, el rendimiento práctico es menor y se llama coeficiente de prestación. COP (*coefficient of performance* Q_A / W).

Q_A = calor cedido para calefacción y ACS

W = energía consumida en el proceso

Este coeficiente puede alcanzar valores de 4, 5, 6 e incluso superiores.

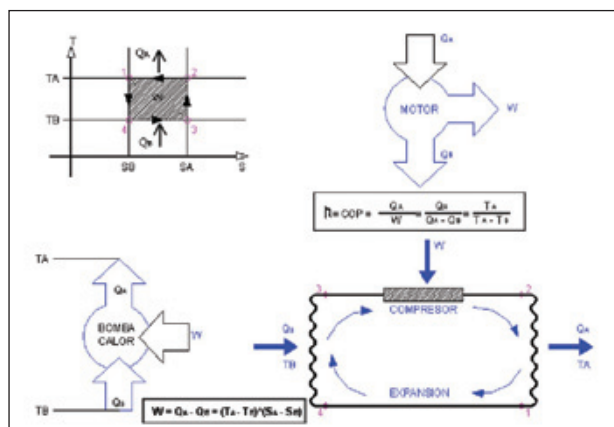


Fig-3

El principio de funcionamiento de las bombas de calor es inverso al de un motor de combustión interna Fig - 3 y sus orígenes no son recientes, provienen del establecido por **Carnot** en 1824 de los conceptos de ciclo y reversibilidad. Un gas evolucionaba cíclicamente comprimiéndose y posteriormente expandiéndose, obteniendo frío y calor.

Las bombas de calor que nos vamos a referir son las habituales de compresor. El circuito de evaporación puede captar el calor del aire, del suelo o de los acuíferos o agua del mar. A su vez el circuito de condensación puede ceder el calor a un medio transmisor del calor como aire, agua... Se clasifican las bombas de calor en bombas de calor, aire-aire, aire-agua, agua-agua, agua-aire... según sea el medio del circuito que absorbe o cede calor.

El desarrollo de equipos de refrigeración tuvo un rápido progreso, no así los equipos de calor. El bajo coste de los combustibles hacía que no fuese competitivo con los sistemas tradicionales de energía basados en la combustión.

Pero un desarrollo energético desmesurado basado en la combustión, la crisis del petróleo con el alza exponencial del precio de los combustibles, y sobre todo, el desbordamiento de los límites de emisiones de CO₂ ha roto uno de los ciclos más importantes de nuestro ecosistema, el ciclo del carbono, que ha hecho que la bomba de calor tenga hoy su verdadero sentido como recuperador de calor, por “bombeo” del calor de la naturaleza.

2. MATERIAL Y MÉTODOS

2.1. AHORRO ENERGÉTICO EN LA DEMANDA, EN LA PRODUCCIÓN Y AHORRO POR LA GENERACIÓN DE ENERGÍA RENOVABLE

Cuando hablamos de consumos energéticos en los edificios de viviendas, nos estamos refiriendo siempre a consumos en calefacción y agua caliente sanitaria (en nuestra zona climática, en otras zonas climáticas puede intervenir también la refrigeración).

El ahorro del consumo energético de un edificio viene determinado por, el ahorro en la demanda de energía, el ahorro de energía en el consumo para producir la energía que satisfaga esa demanda y en la producción de energía renovable que compense en todo o en parte la energía consumida.

El ahorro en la demanda es el mejor de los ahorros, por que es el ahorro que no repercute luego en el consumo.

Este ahorro (demanda) está condicionado por los valores de transmitancia de los cerramientos exteriores del edificio, por la orientación, por la configuración arquitectónica (factor de forma), los aislamientos de los acristalamientos de los huecos, los puentes térmicos y las ventilaciones del aire interior.

Teniendo en cuenta estos parámetros de influencia en

la demanda térmica, se diseñará y configurará el edificio, eligiendo materiales, condiciones y diseño más adecuados para reducir la demanda térmica respecto al edificio referente.

El edificio referente, es aquel que cumple estrictamente con las exigencias señaladas en la

NBE y ahora con el CTE –HE1.

Conseguido un buen ahorro en la demanda, el siguiente ahorro importante es el ahorro energético en la producción de esa demanda. La producción energética para satisfacer esta demanda (consumo del Edificio) como todos sabemos es inversamente proporcional al rendimiento global estacional de la instalación.

Este rendimiento global depende del rendimiento de generación, de distribución y de regulación, y a su vez el rendimiento estacional es la media anual de los rendimientos instantáneos. Estos son función de las temperaturas de servicio.

Los mejores rendimientos se consiguen con bombas de calor de rendimientos de 4, 5, 6 incluso 8, sin embargo con las calderas de combustión los rendimientos son inferiores a 1 (0,9 - 0,85 - 0,8) excepto en alguna caldera de condensación con rendimiento 1,05 excepcionalmente.

Los mejores rendimientos en distribución se consiguen con calefacciones a baja temperatura (SUELO RADIANTE) y los mejores rendimientos en regulación con temperaturas constantes en el periodo estacional y próximas a los rendimientos óptimos.

Elijiendo las mejores condiciones de trabajo de la bomba de calor, conseguiremos rendimientos globales estacionales muy próximos a los rendimientos 4 a 4,5, es decir, tendremos una eficiencia energética en la producción de 4 a 5 veces superior a una caldera de combustión de gas, con distribución de calor por calefacción tradicional (edificio referente). Este extraordinario rendimiento se consigue porque gran parte de la energía térmica $(\eta - 1)/\eta$ la recibimos de la naturaleza (renovable) con tan sólo una parte $1/\eta$ de energía aportada.

2.2. EFICIENCIA ENERGÉTICA

La eficiencia energética en el consumo sobre el edificio referente viene determinada por el ahorro energético en la demanda, por el ahorro sobre la producción energética en la generación de esa demanda y por la generación de energía renovable.

$$\frac{D_0 + D_{ACS}}{\eta} \leq Z_0$$

D_0 = Demanda de energía edificio objeto en calefacción

D_{ACS} = Demanda de ACS del edificio objeto

η = rendimiento del sistema de producción energética

Z_0 = Energía de generación renovable

Si pretendemos construir edificios de máxima eficiencia energética, es decir, edificios de cero consumo energético, el consumo energético de las bombas de calor debe ser compensado con la generación de energía renovable (fotovoltaica, eólica).

La superficie útil de la cubierta o de fachadas con orientaciones al sur será decisiva en la generación de energía fotovoltaica.

2.3. COSTE ENERGÉTICO DE LA UNIDAD TÉRMICA

Si el coste energético del kW. térmico de gas es de 0,05 € y el rendimiento de la caldera es de 0,8, el coste del KW. térmico de esta caldera será:

$$\frac{0,05}{0,80} = 0,0625 \text{ €}.$$

Si el coste del kWh. eléctrico es de 0,1 /kWh, el coste del kWh. térmico de una bomba de calor de rendimiento global estacional 4,2 será:

$$\frac{0,10}{4,20} = 0,023 \text{ €}.$$

Teniendo en cuenta que la producción térmica en parte se puede producir en horas de consumo de horas valle, el coste quedará reducido considerablemente, $\approx 0,020$

Si aplicamos en el balance económico la “prima” del kWh (generado) respecto al kWh consumido para que se produzca un balance cero, es decir, sin coste económico alguno, se tendrá que cumplir:

$$\text{Prima kWh} = E_{\text{consumida}} / E_{\text{generada}}$$

Por consiguiente si:

$$E_{\text{generada}} \times \text{Prima} \geq E_{\text{consumida}}$$

generaremos recursos económicos, generaremos beneficios.

Pero estos beneficios no son nada en comparación con el beneficio que supone para la humanidad la conservación del planeta ante la amenaza del calentamiento de la tierra como consecuencia de las emisiones de CO₂ a la atmósfera.

Por consiguiente estos sistemas de producción de energía térmica para calefacción y agua caliente sanitaria son los más eficientes energéticamente, los más económicos y los más sostenibles con el medio ambiente, porque no tienen emisiones en el entorno del edificio y por su bajo consumo eléctrico tienen poco significado las emisiones en el punto de generación eléctrica.

La Dirección de Vivienda, Innovación y Control del Departamento de Vivienda y Asuntos Sociales del Gobierno Vasco está construyendo cuatro edificios piloto para que sirvan de modelo a las futuras promociones de viviendas de protección oficial.

Estos edificios piloto se han proyectado siguiendo criterios destacados en materia de sostenibilidad, incidiendo en aspectos energéticos y medio-ambientales.

Estos objetivos son:

1. CERO emisiones de CO₂ en el entorno.
2. ALTA EFICIENCIA ENERGÉTICA con ahorros en el consumo superiores al 85% sobre el edificio referente.
3. En BALANCES ENERGÉTICOS consolidados de varios edificios, CERO consumo energético y CERO emisiones de CO₂ en el origen de generación de la producción eléctrica.

Los edificios piloto en construcción son:

- 125 ALOJAMIENTOS TRANSITORIOS para jóvenes en **Intxaurreondo**, San Sebastián.
- 42 VIVIENDAS SOCIALES de VPO en **Lutxana**, Barakaldo.
- 39 VIVIENDAS SOCIALES de VPO en **Lutxana**, Barakalo.
- 70 VIVIENDAS SOCIALES de VPO en **Riberas de Loyola**, San Sebastián.

El proyecto de Intxaurreondo desde su inicio se contempló para que los alojamientos dispusiesen de calefacción por suelo radiante alimentada por bombas de calor con aprovechamiento geotérmico. No así los otros tres, que son proyectos modificados en los que inicialmente se contemplaba una calefacción convencional.

Estos proyectos se han realizado conforme a la NBE (Norma Básica de Edificación) por consiguiente en el área térmica con la CT-79 el RITE-98, por ser proyectos anteriores a la fecha de entrada en vigor del CTE. Los cálculos de consumos energéticos anuales se han realizado en función de los grados día de la localidad de ubicación del Edificio.

3. RESULTADOS

A continuación se exponen los datos y características más significativas de los Proyectos Piloto, como resumen de los Proyectos. Como puede observarse la característica común en todos ellos es que la producción de energía

térmica se realiza por medio de bombas de calor (de compresión) y producción eléctrica por paneles fotovoltaicos para compensar el consumo eléctrico de las bombas.

3.1. 125 ALOJAMIENTOS TRANSITORIOS PARA JÓVENES EN INTXARURRONGO, SAN SEBASTIÁN.

EDIFICIO GENERADOR DE ENERGÍA



Fig-5

Es un Edificio situado en el barrio de Intxaurreondo de San Sebastián, su planta tiene forma de punta de flecha, cuyo vértice está orientado al Noroeste. En las dos alas que consta el edificio se ubican los apartamentos de una superficie aproximada de 35 m².



Fig-6

El edificio tiene 5 plantas sobre rasante y dos bajo rasante donde se ubican los garajes.

Las características principales son:

Superficie de apartamento tipo	35 m ²
Superficie construida	11.190 m ²
Superficie útil	7.279 m ²

Promotor	Gobierno Vasco
Arquitecto	Augusto Terrero
Ingeniería e instalaciones	Jesús Amiano

Régimen de servicio	Alquiler
---------------------	----------

3.1.1. Sistemas tecnológicos

La captación de calor del subsuelo se realiza por medio de bombas de calor que elevarán el nivel térmico del subsuelo al nivel térmico de utilización para calefacción (suelo radiante) 38°-40° y agua caliente sanitaria 55°.

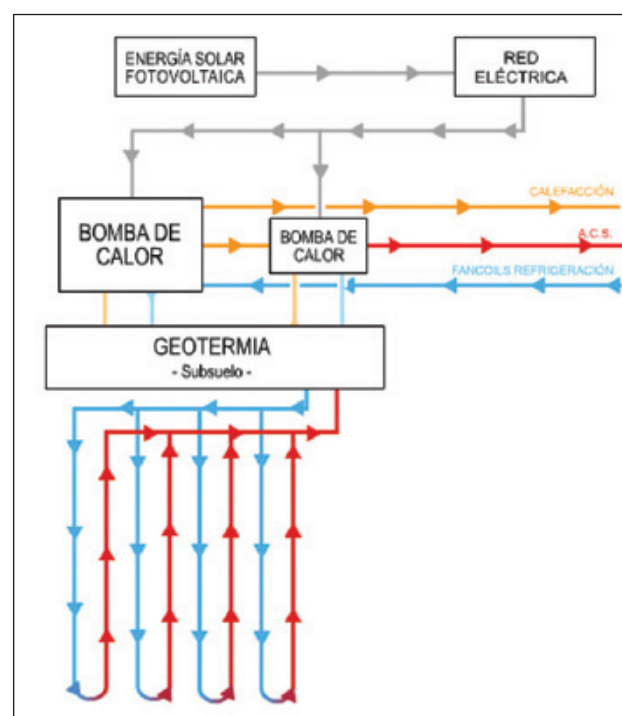


Fig-7

Las bombas principales funcionarán con COP cercanos a 4,8. El COP medio estimado es de 4,2. La energía necesaria para elevar a este nivel térmico es $Q/4,2 = 81.845$ kWh. al año.

La energía generada por la instalación fotovoltaica al año es de 120.000 kWh.

El balance energético será:

$$E = Q/\eta - E_R \quad (1)$$

$$E = 81845 - 120000 = -38155 \text{ kWh}$$

3.1.2. Captación de energía geotérmica

El diseño de captación de esta instalación consiste en 21 perforaciones verticales realizadas a 112m de profundidad de un diámetro de 110mm, donde se introducen unas tuberías de polietileno en forma de U conectadas entre sí a través de un colector por donde circulará agua glicolada, que será la que realizará la captación del calor de la tierra para suministrarla a la bomba de calor.

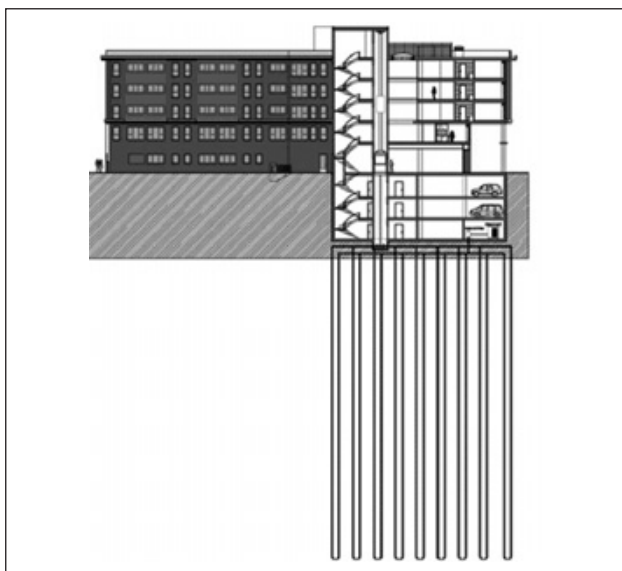


Fig-8

La tierra puede funcionar tanto como suministrador o como sumidero de calor, cuando la bomba funciona de forma inversa como refrigerador del edificio.

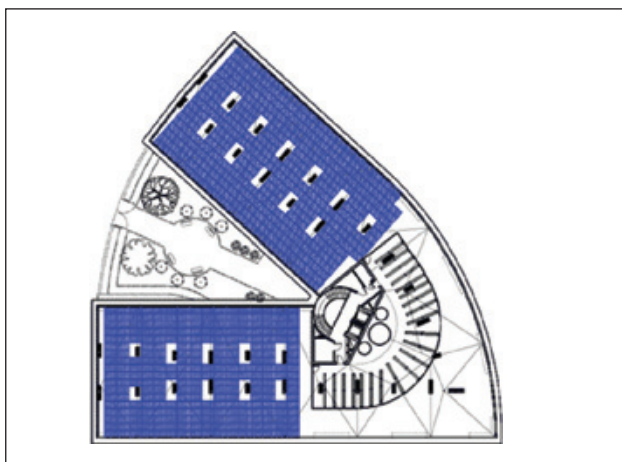


Fig-9

3.1.3. Instalación energía fotovoltaica

En la cubierta del edificio (plana) se instalan paneles fotovoltaicos de dimensiones 1,66x0,99 m. La potencia instalada es de 117,6 kW_p – 100kW efectivos.

Esta instalación produce 120.360 kWh/año, cada panel es de una potencia de 210 W.

Cubierta del Edificio con paneles fotovoltaicos.

3.1.4. Demanda de energía de calefacción y ACS

BALANCE ENERGÉTICO	
PRODUCCIÓN	CONSUMO
Paneles Fotovoltaicos	Bomba de calor
120.000. kWh	81.845 kWh
Produccion Termica	Calefacción
343.422 kWh	233.016 kWh
Total 463.422 kWh	A.C.S. 110.406 kWh
	Total 463.422 kWh

$$E = \frac{Q}{\eta} - E_R, \rightarrow E = 81845 - 120000 = -38155 \text{ kWh}$$

EL EDIFICIO GENERA 38155 kWh al año

Eficiencia energética, datos por metro cuadrado,

$$E_{FC} = \frac{1}{CR} \left(\frac{D_O + D_{AC}}{\eta_0} - Z_0 \right) = -0,06$$

$$CR = \frac{D_R + A_{DACR}}{\eta_R}$$

CR es el consumo del edificio referente (demanda del edificio referente + demanda de ACS).

3.2.1. -42 VIVIENDAS SOCIALES de VPO en Lutzana, Barakaldo.



Fig-10

Edificio situado en el barrio de Lutzana de Barakaldo, compuesto por 8 plantas (baja más siete) con planta en forma rectangular orientada por una de las fachadas principales al Noreste.



Fig-11

Las características principales son:

Superficie de viviendas	de 55 a 82 m ²
Superficie construida	5.973 m ²
Superficie útil	4.293 m ²

Promotor	Gobierno Vasco
Arquitecto	J. C. Anasagasti
Dirección de Obra	Augusto Terrero
Ingeniería e instalaciones	Jesús Amiano

Régimen de servicio	Alquiler
---------------------	----------

3.2.2 Características de las instalaciones

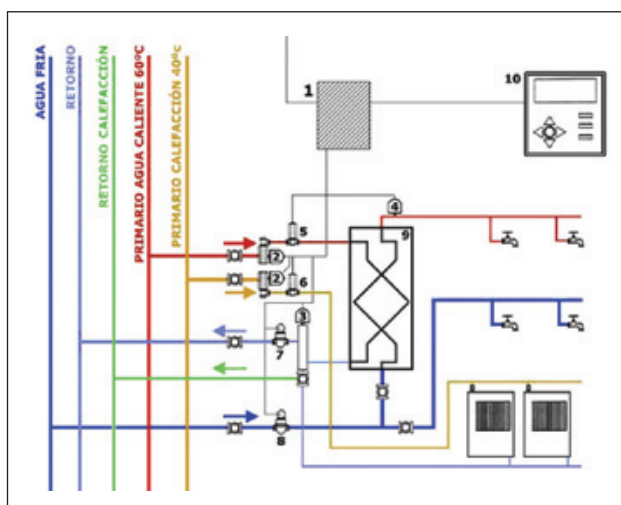


Fig-12. Esquema de instalaciones de calefacción y ACS.

Calefacción y Refrigeración

La calefacción de las viviendas se realiza por medio de *Fan-coils* calefactados por tubería de agua. El anillo primario de alimentación de agua se realiza por medio de dos bombas de calor de 160 kW. de potencia calorífica a una temperatura 38°-40°. Una sonda interior en cada apartamento regula el aporte energético.

Agua caliente sanitaria

La producción de agua caliente sanitaria se realiza por medio de un intercambiador de calor a la entrada de cada apartamento. Calienta directamente el agua fría de la red municipal alimentado por el segundo anillo de agua caliente a 50° C. Al ser una generación de agua caliente instantánea, no existe riesgo de *legionelosis*.

3.2.3 Sistemas tecnológicos

La captación de calor del aire se realiza por medio de bombas de calor que elevarán del nivel térmico del aire al nivel térmico de utilización para calefacción (suelo radiante) 38°C - 40°C y agua caliente sanitaria a 50°C.

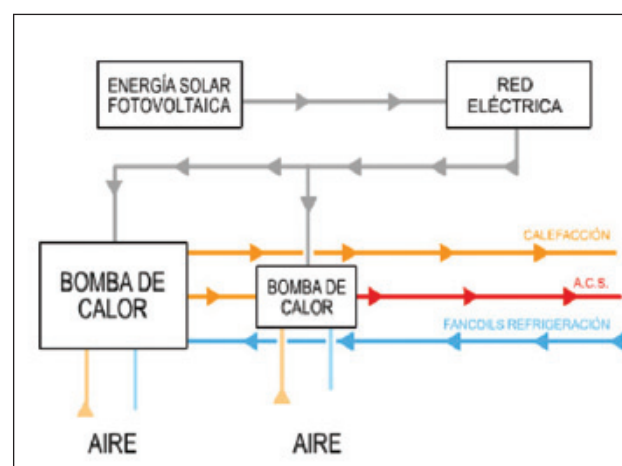


Fig-13

Las bombas principales funcionarán con COP cercanos a 4,5. El COP medio estimado es de 4. La energía necesaria para elevar a este nivel térmico es $Q/4 = 75.223$ kWh. al año.

La energía generada por la instalación fotovoltaica al año es de 48.000 kWh.

El balance energético será:

$$E = Q/\eta - ER \quad (1)$$

$$E = 75.223 - 48.000 = +27.223 \text{ KWh} \quad (2)$$

3.2.4 Demanda de energía de calefacción y ACS

BALANCE ENERGÉTICO	
PRODUCCIÓN	CONSUMO
Paneles Fotovoltaicos	Bomba de calor 75.223 kWh
	Enero eléc. adicional -27.223 kWh
48.000. kWh	Calefacción 251.647 kWh
Produccion Termica	A.C.S. 53.180 kWh
304.827 kWh	Total 352.827 kWh
Total 352.827 kWh	

Eficiencia energética, datos por metro cuadrado,

$$E_{Fc} = \frac{1}{CR} \left(\frac{D_O + D_{AC}}{\eta_0} - Z_0 \right) = 0,055$$

3.3 39 VIVIENDAS SOCIALES DE VPO EN LUTXANA, BARAKALDO.



Fig-14

Edificio situado en el barrio de Lutzana de Barakaldo, compacto de 8 plantas (baja más siete) con planta en forma rectangular orientada por una de las fachadas principales al Noreste.

Las características principales son:

Superficie de viviendas	de 63 a 89 m ²
Superficie construida	3.730 m ²
Superficie útil	3.505 m ²

Promotor	Gobierno Vasco
Arquitecto	Ramiro Higuera
Ingeniería e instalaciones	Jesús Amiano

Régimen de servicio	Alquiler
---------------------	----------

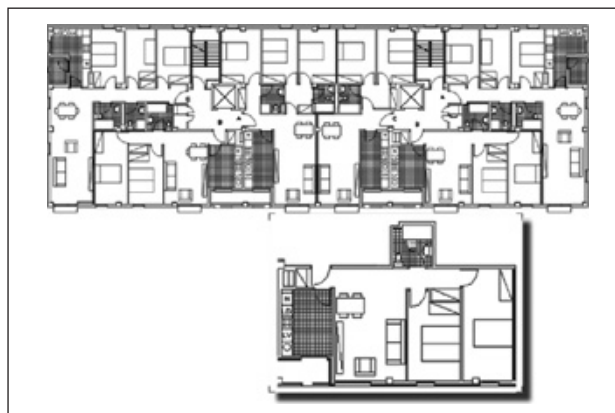


Fig-15

3.3.2 Sistemas tecnológicos

La captación de calor del subsuelo se realiza por medio de bombas de calor agua-agua que elevarán del nivel térmico del subsuelo al nivel térmico de utilización para calefacción (suelo radiante) 38°-40° y agua caliente sanitaria 50°.

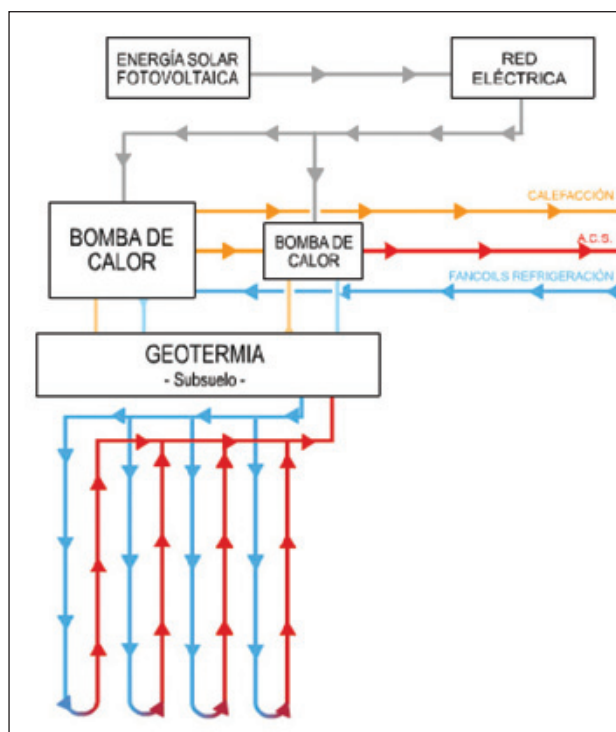


Fig-16

Las bombas principales funcionarán con COP cercanos a 5,2. El COP medio estimado es de 5,1. La energía necesaria para elevar a este nivel térmico es $Q/5,1 = 47.300$ kWh. al año.

La energía generada por la instalación fotovoltaica al año es de 36.000 kWh.

El balance energético será:

$$E = Q/\eta - ER \quad (1)$$

$$E = 47300 - 36000 = -11300 \text{ kWh} \quad (2)$$

3.3.3 Captación de energía geotérmica

El diseño de captación de esta instalación consiste en 20 perforaciones verticales realizadas a 135-150 m de profundidad de un diámetro de 110mm donde se introducen una tubería de polietileno en forma de U conectadas entre sí a través de un colector, por donde circula el agua glicolada que realiza la captación del calor para suministrarla a la bomba de calor.

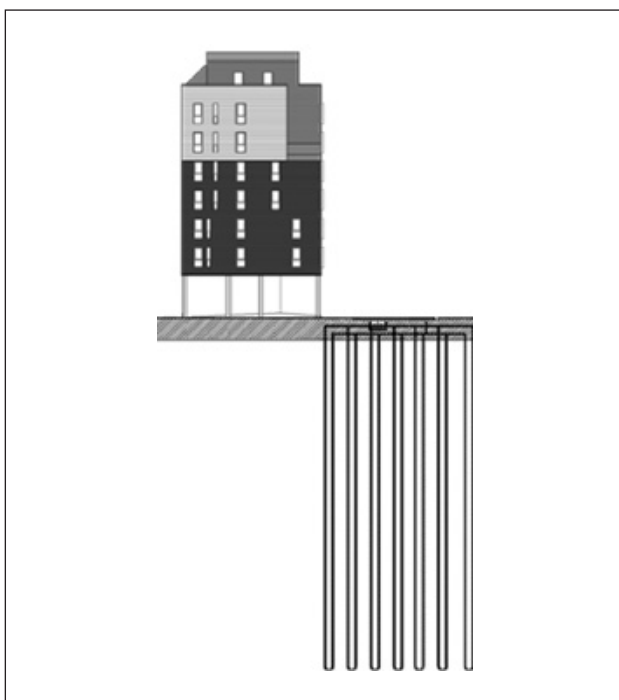


Fig -17 (Captación geotérmica fuera del subsuelo del edificio)

La tierra puede funcionar tanto como suministrador o como sumidero de calor, cuando la bomba funciona de forma inversa como refrigerador del edificio.

3.3.4 Demanda de energía de calefacción y ACS

BALANCE ENERGÉTICO	
PRODUCCIÓN	CONSUMO
Paneles Fotovoltaicos	Bomba de calor 47.300 kWh
	Enero eléc. adicional 11.300 kWh
36.000. kWh	Calefacción 209.564 kWh
Produccion Termica	A.C.S. 38.981 kWh
243.545 kWh	
Total 279.545 kWh	Total 279.545 kWh

Eficiencia energética, datos por metro cuadrado,

$$E_{FC} = \frac{1}{CR} \left(\frac{D_O + D_{AC}}{\eta_0} - Z_0 \right) = 0,02$$

3.4 70 VIVIENDAS SOCIALES DE VPO EN RIVERAS DE LOIOLA, SAN SEBASTIÁN.

Situado en el barrio de San Sebastián de Riberas de Loiola, cuenta con sistemas solares fotovoltaicos y aprovechamiento hidrotérmico por bomba de calor.



Fig -18

El edificio es de forma rectangular y tiene 8 plantas sobre rasante y tres plantas de sótano, donde están ubicados los garajes. En planta baja se ubicarán los locales de servicios.

Las características principales son:

Superficie de viviendas	de 48 a 86 m ²
Superficie construida	8.162 m ²
Superficie útil	9.567 m ²

Promotor	Gobierno Vasco
Arquitecto	Tomás Valenciano Jose Ignacio Madorrán
Ingeniería e instalaciones	Jesús Amiano
Régimen de servicio	Alquiler

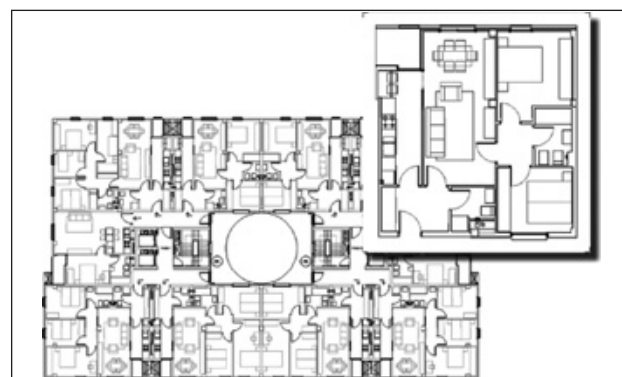


Fig -19

3.4.2 Sistemas tecnológicos

La captación de calor del agua de la ría se realiza por medio de bombas de calor que elevarán el nivel térmico del agua al nivel térmico de utilización para calefacción (suelo radiante) 38°C - 40°C y agua caliente sanitaria a 50°C.

Las bombas principales funcionarán con COP cercano

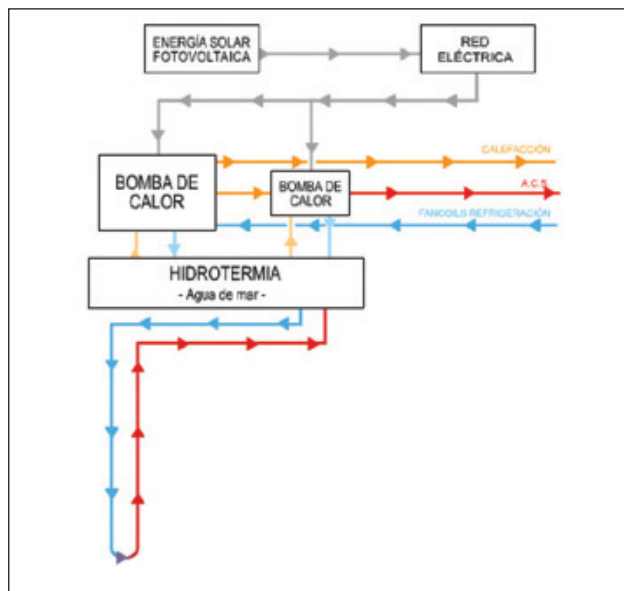


Fig -20

al 5,2. El COP medio estimado es de 5,2. La energía necesaria para elevar a este nivel térmico es $Q/5,2 = 79.066$ kWh. al año.

La energía generada por la instalación fotovoltaica al año es de 60.000 kWh.

El balance energético será:

$$E = Q/\eta - ER \quad (1)$$

$$E = 19.066 \text{ kWh} \quad (2)$$

3.4.3 Captación de energía hidrotérmica

El calor de la hidrotermia o de baja temperatura proviene de agua del mar captada en la ría.

La captación se realiza en el muro de la ría situada a 200 m del edificio. Una arqueta situada en el muro de la ría, sirve de depósito de captación para situar las bombas principales de bombeo al depósito nodriza.

El depósito nodriza de una capacidad de 560 m³



Fig -21 (Captación del agua de la ría y canalización del depósito nodriza al edificio)

bombea el agua hasta los intercambiadores de calor de las bombas de calor del edificio. El depósito nodriza está calculado para una reserva de agua de 8 horas sin captación marina, ya que la captación se realiza a una cota de + 0,5 (cero de Alicante de marea). Las bombas de impulsión del depósito nodriza bombean al edificio un caudal de 19,06 l/s. Esto nos da, con un salto térmico de 5°C, una potencia calorífica de 400 kW.

3.4.4 Instalación energía fotovoltaica

En la cubierta del edificio (plana) se instalan paneles fotovoltaicos de dimensiones 1,66x0,99 m. La potencia instalada es de 58,5 kW_P – 50kW efectivos.

Esta instalación produce 60.000 kWh/año, cada panel es de una potencia de 210 W.

3.4.5 Demanda de energía de calefacción y ACS

BALANCE ENERGÉTICO	
PRODUCCIÓN	CONSUMO
Paneles Fotovoltaicos	Bomba de calor 79.066 kWh
	Enero eléc. adicional -19.066 kWh
60.000. kWh	Calefacción 338.590 kWh
Produccion Termica 411.145 kWh	A.C.S. 72.555 kWh
Total 471.145 kWh	Total 471.145 kWh

Eficiencia energética, datos por metro cuadrado,

$$E_{FC} = \frac{1}{CR} \left(\frac{D_O + D_{AC}}{\eta_0} - Z_0 \right) = 0,017$$

3.5 DATOS ECONÓMICOS

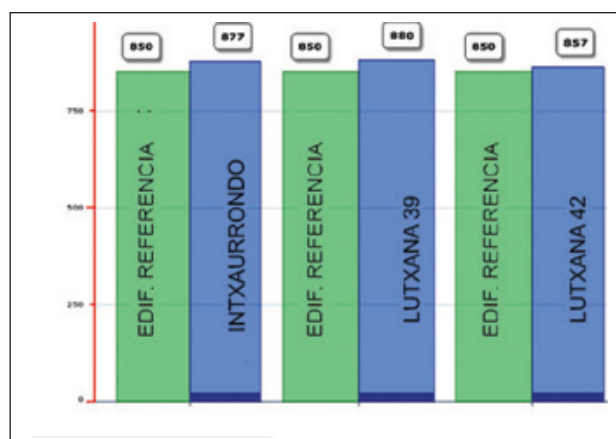


Fig -22

EDIFICIO REFERENCIA 850 €/ m²

(Caldera+radiadores)

INTXAURRONDO 877 €/ m²

(Bomba de calor+geotermia+suelo radiante)

LUTXANA 39 880 €/ m²

(Bomba de calor+geotermia+suelo radiante)

LUTXANA 42 857 €/ m²

(Bomba de calor+fancoils+refrigeración)

En el gráfico se representa el coste de ejecución de metro cuadrado construido. Como se puede observar en el Edificio de Lutxana 42 casi es el mismo coste que el del edificio referente. Las instalaciones tradicionales tienen el mismo coste que las instalaciones de bomba de calor aire-agua.

amortización de unos pocos años (más o menos), comparando con el periodo de vida de un edificio de 80 años o la estimación de la vida útil de una instalación geotérmica de 50 años.

Lo que sí es importante, es la calidad del aire del entorno de nuestro Edificio del ecosistema de nuestro hábitat y la supervivencia de nuestro planeta. ¿Como valoramos esto?

Una mínima valoración responsable sobre estos aspectos fundamentales hace que no tenga ningún sentido hablar de periodos de amortización.

A continuación se expone el cuadro resumen de los datos obtenidos:

	$\frac{K_0}{K_{REF}}$	$\frac{V}{A_T}$	Calef / ACS	Eficiencia Energética	Consumo energ.	Energ renovable
INTXAURRONDO	$\frac{0,68}{1,021}$	2,1	Suelo radiante/prod. instantánea	-0,06	81845 kWh	120000 kWh
LUTXANA 39	$\frac{0,63}{1}$	2,03	Suelo radiante/prod. instantánea	0,024	47300 kWh	36000 kWh
LUTXANA 42	$\frac{0,82}{1,1}$	2,22	Fan-coils/prod. instantánea	0,055	75223 kWh	48000 kWh
RIVERAS LOIOLA	$\frac{0,512}{1,18}$	2,93	Suelo radiante/prod. instantánea	0,017	79066 kWh	60000 kWh
					Σ 283.434 kWh	Σ 264.000 kWh

En el Edificio de Intxaurreondo el coste la instalación de geotermia ha sido de 150.000 €. Si la diferencia del coste del kwh de gas y de la bomba de calor es de 0.0425€ = 0,0625-0,02 y el consumo energético es de 343.422 kWh el ahorro anual será 14.595 € referente a una instalación tradicional, y el periodo de amortización estará comprendido entre 9 y 10 años, considerando una subvención del 20% que es variable según potencias en el caso de la geotermia.

Factor de forma $\frac{V}{A_T} / A_T$ superficie cerramiento / V volumen edificio / K₀ (KG)
conductibilidad térmica del edificio objeto y del referente.

Haciendo el balance energético de los edificios expuestos anteriormente, vemos que estamos muy cercanos a tener edificios de consumo energético cero. La diferencia es de 19.434 kWh, que corresponde a tener una superficie de cubierta de 160m², produciendo energía fotovoltaica.

$$\Sigma \text{ consumos energ.} - \Sigma \text{ energía producida.} = 283.434 - 264.000 = 19.434 \text{ kWh.}$$

Las instalaciones fotovoltaicas tienen un periodo de amortización de 8 a 12 años. El coste de las instalaciones va variando a la baja normalmente, así como las subvenciones.

En el Edificio de Lutxana 39 el coste de la instalación de geotermia ha sido de 160.000 €. Si la diferencia del coste del kWh de gas y de la bomba de calor es de 0.0435€ = 0,0625-0,019 y el consumo energético es de 248.545 kWh el ahorro anual será 10.812 € y el periodo de amortización estará comprendido entre 12 y 13 años, considerando una subvención del 20 %.

A la hora de tomar una decisión sobre la instalación de estos sistemas, no parece importante un periodo de

Generando esta energía por medio de paneles fotovoltaicos o por medio de generadores eólicos es posible llegar a una agrupación de edificios con consumo cero.

La promoción de Intxaurreondo cuenta con una superficie libre de cubierta de 1.500m² de los cuales se han utilizado 1000m² para la instalación de 100Kw., podrían utilizarse los 500m² teóricos para compensar el déficit de los otros edificios.

El balance de la agrupación de edificios que generan energía puede compensar otro u otros con déficit similar. En BALANCES ENERGÉTICOS consolidados de varios edificios, podemos llegar a CERO consumo energético y

CERO emisiones de CO₂ en el origen de generación de la producción eléctrica.

La generación de energía eléctrica por generadores eólicos es una opción que no se ha contemplado en estos proyectos, pero es una opción perfectamente válida para el objetivo que perseguimos de consumo energético cero y que habrá que tener en cuenta para futuras promociones. El coste de la instalación por kW instalado es mucho menor que el fotovoltaico por kW instalado, pero también es mucho menor el valor del kWh generado.

COSTE DEL CONSUMO ENERGÉTICO DE LOS EDIFICIOS

Si la “prima” del kWh generado es 4,15 veces del kWh consumido, el balance económico de energías generadas y consumidas es:

$$283.434 \times 0,1 - 264.000 \times 0,415 = - 81217 \text{ €}$$

Estos edificios teóricamente no van a tener ningún coste energético. Estos edificios van a generar recursos económicos. 81.217 €.

energía térmica existente en la naturaleza con la ayuda de las bombas de calor y utilizando tan sólo 283.434 kWh de energía eléctrica.

La tecnología de estos Edificios de demostrada eficacia y eficiencia energética en muchos países de Europa ha sido calificada por la *Environment Protection Agency (EPA)* y *US Department Of Energy (DOE)* como:

La MENOS CONTAMINANTE, porque no existen emisiones al entorno y cero o mínimo en el origen de generación eléctrica.

La MÁS ECONÓMICA, porque en combinación con otros sistemas de generación energética renovable el coste puede ser cero o generador de recursos económicos.

La MÁS EFICIENTE ENERGÉTICAMENTE, porque su eficiencia energética es muy superior a cualquier otro medio de producción de energía. En combinación con otras fuentes de producción de energía renovable, y en balances consolidados de varios edificios, el resultado puede ser de consumo energético cero.

Edificios	Energía consumida en calefac y ACS kWh	Energía térmica renovada de la kWh	Energía consumida para el bombeo kWh	Energía generada con E. renovable kWh
INTXAURRONGO	343.422	261.577	81.845	120.000
LUTXANA 39	248.545	201.245	47.300	36.000
LUTXANA 42	304.827	229.604	75.223	48.000
RIVERAS LOIOLA	411.145	332.079	79.066	60.000
TOTALES	1.307.939	1.024.205	283.434	264.000

El coste de las instalaciones fotovoltaicas de los cuatro edificios puede suponer 990.000 €. Podemos optar por la aplicación de los beneficios totales de la generación de la energía fotovoltaica 109.560 € o descontar el consumo eléctrico de las bombas de calor 81.217 €. Aplicando de una u otra forma, tendremos 10 o 14 años de amortización.

Todos estos edificios estarán monitorizados y todos los consumos energéticos serán registrados, así como las producciones de energías renovables. Los datos serán contabilizados y procesados en una “central de proceso de datos” que está instalada en el “Laboratorio” de la *Dirección de Vivienda*.

Las mediciones reales nos indicarán las desviaciones que tenemos sobre las simulaciones.

4. CONCLUSIÓN

De un total de 1.307.939 kWh de necesidades de consumo energético para calefacción y agua caliente sanitaria hemos recuperado 1.024.205 kWh, reutilizando la

5. BIBLIOGRAFIA

- Rey-Martínez FJ, Velasco-Gómez E. *Eficiencia Energética en Edificios*. Ed. International Thomson Publishing. 2006 ISBN: 978-84-9732-419-9
- EVE, IHOBE, ORUBIDE y VISESA. *Guía de la Edificación Sostenible para la Vivienda*. Ed. Departamento de Ordenación del Territorio Vivienda y Medio Ambiente del Gobierno Vasco 2006.
- Fumado-Alsina JL. *Climatización de Edificios*. Ed. Ediciones del Serbal 1996
- Ministerio de Fomento. *Norma Básica de Edificación*. Ed. Ministerio de Fomento
- Corberán JL, Urcheguía J. *Bombas de Calor Geotérmicas*
- García-Casals X. *Regulación y certificación Energética de Edificios*.