



CONAMA10
CONGRESO NACIONAL
DEL MEDIO AMBIENTE

COMUNICACIÓN TÉCNICA

Aprovechamiento geotérmico del agua de mina. Aplicación al hospital Vital Alvarez-Buylla de Mieres (Asturias)

Autor: Illán Arribas Iglesias

Institución: Universidad de Oviedo

e-mail: arribas8@gmail.com

Otros Autores: Jorge Xiberta Bernat (Universidad de Oviedo); Antonio José Gutiérrez Trashorras (Universidad de Oviedo)

RESUMEN

La climatización del nuevo hospital 'Vital Álvarez-Buylla', situado en la localidad de Mieres (Asturias) está prevista que tenga lugar con Energía Geotérmica utilizando el agua infiltrada en las minas de carbón próximas al emplazamiento del edificio. Los pozos Barredo y Figaredo, situados cerca del solar donde se pretende construir el hospital ya cuenta con una instalación de bombeo para la climatización geotérmica de una parte del campus Universitario de Mieres, (concretamente el centro de investigación y la residencia de estudiantes), es por tanto razonable considerar que estos mismos pozos puedan aportar el agua de climatización del hospital utilizando la tecnología de la bomba de calor. Al interés energético de proyecto, hay que sumarle el económico ya que: el sistema que forman los dos pozos considerados (Barredo-Figaredo) están conectados con el pozo Aller, el cual se encuentra actualmente en actividad, es por ello que se ha de evacuar el agua de infiltración con objeto de permitir las labores mineras en este último pozo. Asimismo, el pozo Barredo se encuentra por encima del núcleo urbano de Mieres y si se dejará inundar sin control, el agua se infiltraría y crearía conductos subterráneos que podrían generar escapes al núcleo urbano, afectando a las edificaciones colindantes con el pozo, y también el medioambiental ya que esta fuente energética no genera emisiones como sucede en la combustión de recursos fósiles tradicionales.

Palabras Clave: Geotermia, Agua de mina, Hospital, bomba de calor

Contenido

| | |
|--|----|
| 1.Introducción y generalidades..... | 4 |
| 2.Bomba de calor: Funcionamiento y aplicación..... | 9 |
| 3.Metodología: Diseño y elección de equipos para el sistema geotérmico | 11 |
| 4.Resultados: Comparativa con otros sistemas | 19 |
| 5.Presupuesto | 20 |
| 6.Bibliografía | 22 |

Índice de figuras

| | |
|---|----|
| Figura 1 Situación del Proyecto | 4 |
| Figura 2 Perfil geotérmico A del Pozo Barredo | 5 |
| Figura 3 Perfil geotérmico B del Pozo Barredo..... | 5 |
| Figura 4. Tabla de caudales bombeados entre 2002 y 2007 | 6 |
| Figura 5. Esquema de funcionamiento de una bomba de calor..... | 10 |
| Figura 6. Catálogo comercial de la casa CARRIER..... | 12 |
| Figura 7. Intercambiador de calor de apoyo..... | 15 |
| Figura 8. Intercambiador de calor principal | 15 |
| Figura 9. Tabla comparativa de los distintos polímeros | 16 |
| Figura 10. Tabla de valores tabulados de la fórmula de Darcy-Weisbach..... | 17 |
| Figura 11. Catálogo comercial de la casa PLOMYLEN..... | 18 |
| Figura 12 Tabla de comparación entre diferentes sistemas de climatización | 19 |
| Figura 13. Presupuesto aproximado del Proyecto | 22 |

1 Introducción y generalidades

El proyecto de construcción del nuevo hospital “Vital Álvarez-Buylla”, situado en la localidad de Mieres (Asturias), tiene planificado el levantamiento de un nuevo edificio para los servicios sanitarios de dicha villa y alrededores.

Este proyecto propone buscar un sistema de climatización basado en energías renovables, particularmente geotermia, utilizando como fuente renovable el agua infiltrada en las minas de carbón cercanas al emplazamiento del edificio. La climatización del complejo se planteó inicialmente a partir de una instalación con calderas de gas.

Los pozos Barredo y Figaredo están situados cerca del solar donde se pretende construir el hospital, ambos se encuentran conectados entre sí, por tanto forman un único sistema subterráneo, que en adelante llamaremos pozo Barredo y es en este brocal donde se encuentra una instalación de bombeo. La figura 1, muestra la situación geográfica de los pozos.



Figura 1 Situación del Proyecto

La distancia a la que se encuentra el pozo Barredo de la ubicación del nuevo hospital es de 1873 m, y es la misma que debe recorrer un sistema de tuberías para conducir el agua, todo ello de forma segura y un coste económico aceptable.

La temperatura a la que se encuentra el agua de Barredo oscila entre los 22°C y 24°C, lo que la hace apta para su utilización mediante bombas de calor. Durante este estudio se realizaron perfiles con sondas térmicas, las cuales dieron como resultado los perfiles térmicos que se muestran en la figura 2 y 3.

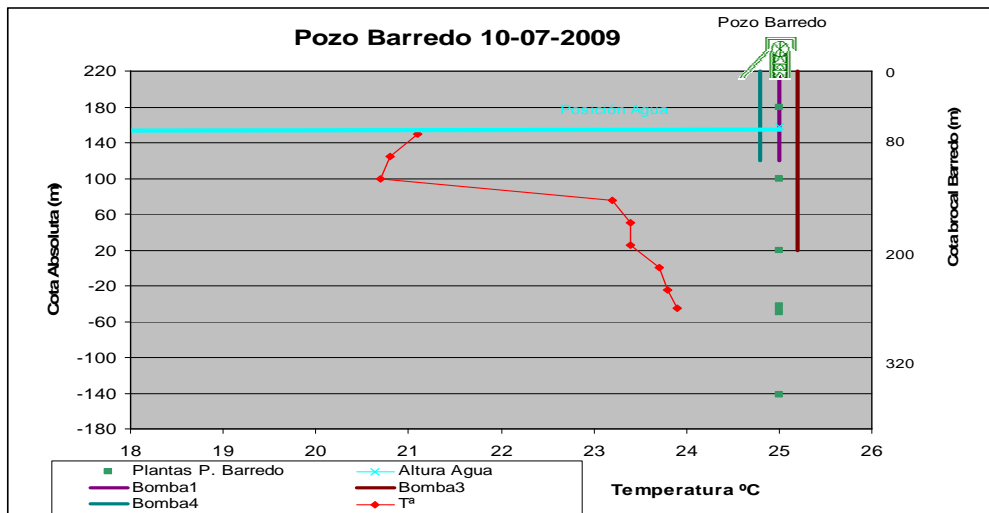


Figura 2 Perfil geotérmico A del Pozo Barredo

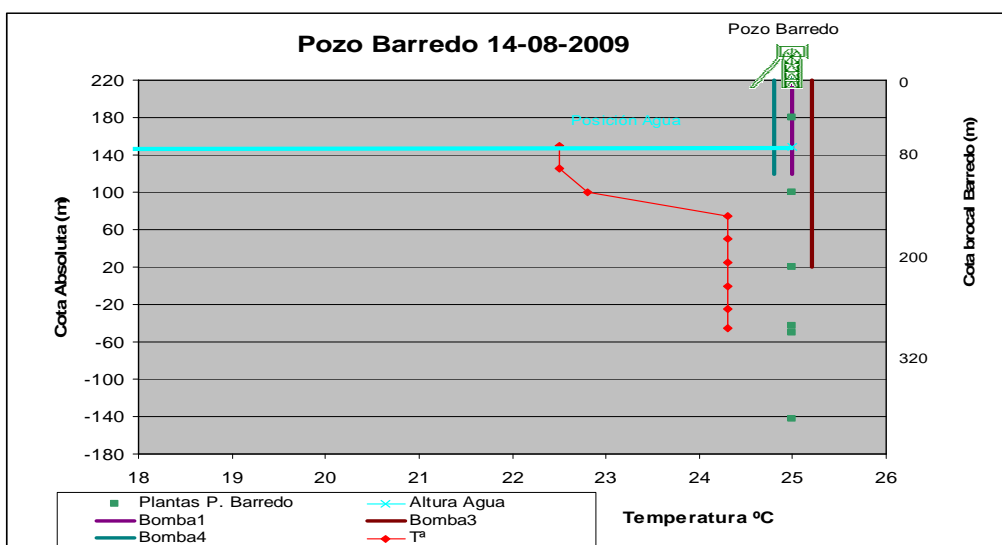


Figura 3 Perfil geotérmico B del Pozo Barredo

En los últimos 10 años se renovaron los equipos de bombeo del agua del pozo y con la instalación de cuatro bombas autoportantes se inició la succión de agua. Es importante señalar, que el bombeo ha de realizarse con independencia de que el agua sea o no aprovechada, ya que el pozo Barredo se encuentra por encima del núcleo urbano de Mieres y si se deja inundar sin control, el agua se infiltraría y crearía conductos por el interior de la tierra hasta llegar a producirse escapes; en caso de ocurrir esto, el agua llegaría al núcleo urbano, afectando en gran medida las edificaciones colindantes con el pozo.

A efectos de este estudio, el pozo se dejó inundar para sus posibles aplicaciones geotérmicas, en estos momentos, el agua se encuentra a 60 metros desde la boca del pozo. Esta altura favorece el bombeo ya que no se requiere un gran gasto de energía extra para realizar dicha tarea. Es importante, destacar que el caudal de agua que se puede evacuar del pozo Barredo, supera ampliamente las necesidades de agua del hospital, como muestra la figura 4 que contiene los datos de bombeo en m³ hasta el año 2007 (año en el que se dejó de bombear agua para inundar el pozo con vistas a aplicaciones geotérmicas):

| | 2007 | 2006 | 2005 | 2004 | 2003 | 2002 | Caudal promedio |
|--------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------------|
| Enero | 212.429 | 419.374 | 398.240 | 627.775 | 333.146 | 244.335 | 372.550 |
| Febrero | 198.952 | 397.375 | 428.424 | 647.604 | 519.669 | 226.319 | 403.057 |
| Marzo | 264.540 | 635.227 | 780.532 | 636.519 | 532.065 | 258.585 | 517.911 |
| Abril | 501.235 | 504.652 | 647.790 | 539.111 | 391.078 | 245.085 | 471.492 |
| Mayo | 376.767 | 379.065 | 508.821 | 447.803 | 328.403 | 358.292 | 399.859 |
| Junio | 311.420 | 307.320 | 396.546 | 417.456 | 283.448 | 374.582 | 348.462 |
| Julio | 360.473 | 268.068 | 329.275 | 364.857 | 273.690 | 368.487 | 327.475 |
| Agosto | 290.381 | 238.379 | 259.326 | 330.591 | 260.864 | 341.611 | 286.859 |
| Sept. | 245.186 | 213.340 | 234.143 | 283.108 | 226.868 | 298.484 | 250.188 |
| Octubre | 197.897 | 219.734 | 240.301 | 267.786 | 215.447 | 284.557 | 237.620 |
| Nov. | 162.616 | 191.384 | 230.970 | 255.566 | 226.421 | 255.566 | 220.420 |
| Dic. | 186.609 | 191.538 | 283.704 | 287.827 | 345.133 | 287.827 | 263.773 |
| TOTAL ANUAL | 3.308.504 | 3.965.456 | 4.738.072 | 5.106.003 | 3.936.232 | 3.543.730 | 4.099.666 |

Figura 4. Tabla de caudales bombeados entre 2002 y 2007

Vemos que el volumen de agua anual del que disponemos supera, incluso en el peor de los casos, los 3 millones de metros cúbicos, cantidad de agua suficiente para cubrir las necesidades térmicas de cualquier edificio.

Nos encontramos por tanto con una situación donde tenemos un recurso (el agua de mina) que ha de ser extraído aunque no sea utilizado, así como un sistema para su aprovechamiento.

Considerando todos los datos anteriores (caudal anual medio aproximado) de 4.000.000 m³, se puede realizar un cálculo del potencial térmico del pozo que se obtiene aplicando la fórmula:

$$P_f = Q \cdot C_p \cdot \rho \cdot \Delta T = \frac{4 \cdot 10^6 \text{ m}^3 \cdot 4186 \text{ J} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{K}^{-1} \cdot 1000 \text{ Kg} \cdot \text{m}^{-3}}{365 \cdot 24 \cdot 3600 \text{ s}} \cong 2,65 \text{ MW}_t$$

Donde:

ΔT → Salto térmico (°C) aprovechable por el sistema de explotación elegido. En el caso de la utilización geotérmica mediante empleo de tecnología de bomba de calor, los equipos comerciales aprovechan saltos térmicos medios de 5°C. La instalación de equipos de salto térmico 10°C, podría ser viable en algunos casos e incrementaría notablemente el recurso geotérmico disponible.

Q → Caudal evacuado anualmente (m³/año), que para este cálculo consideraremos caudal de 4 Hm³/año

C_e → Calor específico del agua (J/Kg.°C)

ρ → Densidad del agua (Kg./m³)

Si tenemos en cuenta los coeficientes de eficiencia que en climas suaves alcanzan las bombas comerciales, podremos calcular la energía necesaria para el funcionamiento del compresor, que representa el consumo energético del sistema.

Las bombas de calor agua-agua habituales ofrecen valores de $COP \geq 5$, las cuales pueden producir agua caliente a $45^{\circ}C$.

El potencial térmico del foco caliente será $P_c = P_f + W_e$, siendo W_e el trabajo aportado al compresor de la bomba de calor. Por tanto:

$$COP = \frac{P_c}{W_e} = \frac{P_f + W_e}{W_e} = 1 + \frac{P_f}{W_e} \geq 5 \Rightarrow W_e \leq \frac{P_f}{4}$$

$$W_e \cong 0,66MW$$

A partir de estos datos se considera que el rendimiento de las bombas de calor habituales con un consumo de $0,66 MW_{el\u00e9ctricos}$ generaría una potencia térmica de calefacción de:

$$2,65+0,66 = \mathbf{3,31 MW_t}$$

Puesto que, la bomba estaría disponible durante 24 horas diarias, supondría una energía térmica anual disponible para calefacción de:

$$3,31 \cdot 24 \cdot 365 = \mathbf{29.028 MWh_t/a\u00f1o}$$

Consumiendo \u00fanicamente:

$$0,66 \cdot 24 \cdot 365 = \mathbf{5.782 MWh_{el\u00e9ctricos} /a\u00f1o}$$

2 Bomba de calor: Funcionamiento y aplicación

La manera de aprovechar el agua, es utilizar la tecnología de la bomba de calor, cuyo funcionamiento se basa en el principio físico del cambio de estado de un fluido.

Si disponemos de un fluido al que mediante una pequeña aportación de energía conseguimos que cambie de estado, o sea, que pase de líquido a gas y viceversa, este entregará el calor que transporta, por tanto, la aportación de calor se basa en la cesión o absorción de calor latente (de cambio de estado).

Estas máquinas, básicamente constan de un circuito cerrado por el que circula un fluido que cambiará de estado controladamente dentro de unos intercambiadores, en uno de ellos se evaporará extrayendo energía en forma de calor, y en el otro se condensará entregando esta energía. Un compresor y una válvula de expansión son los causantes del cambio de estado del fluido. Este cambio de estado puede producir frío o calor según se requiera.

Existen tres tipos básicos de bombas de calor

-Bomba a calor aire-aire: el calor que se toma del aire se transfiere directamente al aire del local que debe calentarse o enfriarse.

-Bomba a calor aire-agua: el calor se toma del aire y se transfiere a un circuito de agua que abastecerá un suelo/techo radiante/refrescante, radiadores, ventiloconvectores o aerotermos.

-Bomba a calor agua-agua: el sistema toma el calor de un circuito de agua en contacto con un elemento que le proporcionará el calor (la tierra, capa freática) para transferirlo a otro circuito de agua como en el caso anterior. Es el sistema generalmente adoptado por la geotermia y el tipo de bombas que se van a utilizar para este proyecto.

Para la comprensión de cómo funciona una bomba de calor, debemos suponer dos zonas bien diferenciadas, denominadas focos, una de las cuales está a una temperatura más

alta que la otra; el foco cuya temperatura es más alta se denomina foco caliente, mientras que la zona con la temperatura más baja, se llama foco frío.

El principio de funcionamiento es relativamente sencillo; si se pretende que la bomba de calor trabaje en modo de calefacción, la bomba actúa absorbiendo el calor del foco caliente y cediéndolo al foco frío, esto es fácil de ejemplificar en nuestro caso: El agua caliente llega a la bomba de calor (foco caliente), donde intercambia su calor con el refrigerante que se encuentra en el evaporador, y gracias a este calor cedido por el agua, pasa al estado gaseoso. (Ver figura 5).

El refrigerante pasará por un proceso de compresión, donde aumentará su presión y temperatura, o lo que es lo mismo, su energía interna. Posteriormente, entrará en un condensador, que en este caso se denomina foco caliente, cediendo su energía interna en forma de calor hasta convertirse en líquido nuevamente. Tras esto, pasará por una válvula de expansión, donde perderá el resto de energía hasta volver a encontrarse a la misma temperatura de entrada en el evaporador para repetir el ciclo.

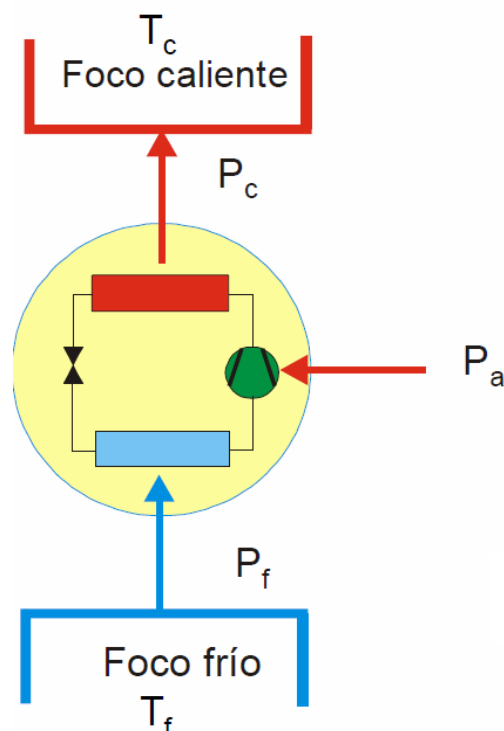


Figura 5. Esquema de funcionamiento de una bomba de calor

Si se pretende que la bomba de calor trabaje en frío o modo de refrigeración, los focos frío y caliente se invierten, de manera que el principio básico de funcionamiento se basa en que el foco frío le cede su calor al foco caliente, y de esta manera, dicho foco frío se mantiene a la temperatura deseada. En esta ocasión, el fluido llega al evaporador (foco frío) con una temperatura inferior a la que queremos generar en el ambiente, y es el ambiente, el cual cede calor al fluido que circula por la bomba de calor, de esta manera, por un lado el ambiente se enfría y el fluido circulante pasa a estado gaseoso.

Acto seguido, este fluido se dirige al compresor donde aumenta más su presión y temperatura, para cederle su energía interna de cambio de estado al foco caliente (condensador). Cuando el fluido sale del compresor en estado líquido, pasa por la válvula de expansión, que lo enfría bruscamente, para volver de nuevo al evaporador y absorber calor de este de nuevo.

3 Metodología: Diseño y elección de equipos para el sistema geotérmico

El sistema geotérmico que se va a utilizar, ha de diseñarse para que todos sus equipos trabajen de forma óptima con el menor gasto de dinero posible. Los equipos necesarios para la climatización del hospital son:

Bomba de calor:

La bomba de calor, cuyo funcionamiento ya se ha explicado previamente, ha sido elegida de entre multitud de catálogos comerciales de diferentes casas, ya que, este método es mucho más práctico que el cálculo de una bomba de calor ideal. Las bombas de calor, son el sustituto de las calderas de gas/gasoleo, por ello, han de situarse en el habitáculo pensado para albergarlas.

El tipo de bomba de calor escogido, determinará el volumen de agua necesario, por tanto, se dimensionará tanto el bombeo de agua, como el tipo de tubería que se va a elegir. La temperatura de salida del agua en la bomba de calor, también viene determinada según el equipo elegido; dicho dato es particularmente importante por la posibilidad de mezclar agua de salida, con agua de entrada y compensar así las temperaturas, con lo que se puede evitar el bombeo desde agua de mina.

El proyecto de construcción inicial, contaba con dos calderas de combustible (gasóleo + gas natural) cuya potencia era de unos 850 kW. cada una. Las necesidades de frío eran cubiertas por otras dos máquinas enfriadoras de 700 kW cada una. Por tanto, la bomba de calor elegida es de la casa CARRIER, particularmente el modelo 30XWHP-712, donde sus características principales se presentan en la figura 6.

Temperatura de salida del agua del evaporador = 7°C
Temperatura de salida del agua del condensador, °C

| 30XW | 30 | | | | | 35 | | | | | 40 | | | | | 45 | | | | | 50 | | | | | | |
|---|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|--|--|
| | Qc | Qh | Unit | Cool | Cool | Qc | Qh | Unit | Cool | Cool | Qc | Qh | Unit | Cool | Cool | Qc | Qh | Unit | Cool | Cool | Qc | Qh | Unit | Cool | Cool | | |
| | kW | kW | kW | l/s | kPa | kW | kW | kW | l/s | kPa | kW | kW | kW | l/s | kPa | kW | kW | kW | l/s | kPa | kW | kW | kW | l/s | kPa | | |
| Unidad de eficiencia estándar 30XW-30XWH- | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 452 | 495 | 564 | 75 | 23,6 | 41 | 476 | 554 | 85 | 22,7 | 38 | 444 | 532 | 97 | 21,2 | 33 | 416 | 517 | 110 | 19,8 | 29 | 387 | 501 | 125 | 18,5 | 26 | | |
| 552 | 549 | 628 | 86 | 26,2 | 50 | 536 | 625 | 98 | 25,6 | 48 | 499 | 602 | 112 | 23,8 | 42 | 472 | 588 | 128 | 22,5 | 37 | 439 | 571 | 145 | 20,9 | 33 | | |
| 602 | 559 | 636 | 86 | 26,6 | 51 | 541 | 631 | 98 | 25,8 | 49 | 519 | 623 | 114 | 24,8 | 45 | 498 | 617 | 130 | 23,8 | 41 | 476 | 612 | 149 | 22,7 | 38 | | |
| 652 | 705 | 803 | 107 | 33,8 | 48 | 681 | 790 | 120 | 32,5 | 46 | 635 | 760 | 138 | 30,3 | 40 | 587 | 732 | 159 | 28,0 | 35 | 544 | 708 | 181 | 25,9 | 30 | | |
| 702 | 767 | 872 | 116 | 36,5 | 56 | 735 | 854 | 131 | 35,1 | 52 | 684 | 822 | 152 | 32,6 | 46 | 639 | 797 | 173 | 30,5 | 41 | 592 | 771 | 198 | 28,2 | 35 | | |
| 802 | 813 | 928 | 127 | 38,7 | 63 | 796 | 927 | 144 | 37,9 | 60 | 737 | 885 | 163 | 35,1 | 53 | 680 | 848 | 185 | 32,4 | 45 | 498 | 641 | 157 | 23,8 | 26 | | |
| 852 | 849 | 965 | 127 | 40,5 | 62 | 844 | 979 | 148 | 40,2 | 61 | 797 | 951 | 169 | 38,0 | 55 | 741 | 917 | 193 | 35,3 | 49 | 621 | 814 | 212 | 29,6 | 39 | | |
| 1002 | 1069 | 1217 | 163 | 51,0 | 79 | 1024 | 1192 | 184 | 49,8 | 73 | 960 | 1152 | 210 | 45,8 | 65 | 890 | 1108 | 239 | 42,4 | 57 | 826 | 1074 | 272 | 39,4 | 50 | | |
| 1052 | 1122 | 1277 | 171 | 53,5 | 86 | 1068 | 1244 | 193 | 50,9 | 79 | 1007 | 1209 | 222 | 48,0 | 71 | 928 | 1157 | 251 | 44,3 | 61 | 843 | 1102 | 284 | 40,2 | 51 | | |
| 1152 | 1166 | 1324 | 173 | 55,6 | 69 | 1156 | 1338 | 200 | 55,1 | 68 | 1096 | 1306 | 230 | 52,3 | 62 | 1050 | 1291 | 264 | 50,1 | 57 | 1001 | 1282 | 308 | 47,7 | 53 | | |
| 1252 | 1327 | 1498 | 187 | 63,3 | 74 | 1265 | 1457 | 211 | 60,3 | 68 | 1189 | 1409 | 242 | 56,7 | 60 | 1109 | 1362 | 278 | 52,9 | 53 | 1031 | 1319 | 316 | 49,2 | 46 | | |
| 1352 | 1426 | 1610 | 203 | 68,0 | 85 | 1349 | 1560 | 232 | 64,3 | 77 | 1269 | 1510 | 265 | 60,5 | 68 | 1187 | 1462 | 302 | 56,6 | 60 | 1102 | 1415 | 344 | 52,5 | 52 | | |
| 1452 | 1547 | 1750 | 223 | 73,8 | 100 | 1463 | 1695 | 255 | 69,7 | 90 | 1377 | 1643 | 292 | 65,7 | 80 | 1289 | 1592 | 333 | 61,4 | 70 | 1197 | 1543 | 380 | 57,1 | 61 | | |
| 1552 | 1649 | 1867 | 239 | 78,6 | 113 | 1560 | 1808 | 274 | 74,4 | 101 | 1465 | 1749 | 313 | 69,8 | 90 | 1366 | 1691 | 357 | 65,1 | 79 | 1265 | 1634 | 405 | 60,3 | 68 | | |
| 1652 | 1719 | 1940 | 243 | 81,9 | 64 | 1664 | 1918 | 279 | 79,3 | 60 | 1589 | 1885 | 325 | 75,8 | 54 | 1519 | 1860 | 374 | 72,4 | 50 | 1444 | 1834 | 429 | 68,8 | 45 | | |
| 1702 | 1795 | 2026 | 253 | 85,6 | 70 | 1739 | 2003 | 290 | 82,9 | 65 | 1660 | 1967 | 337 | 79,2 | 59 | 1581 | 1935 | 389 | 75,4 | 54 | 1501 | 1905 | 444 | 71,5 | 48 | | |
| Unidad de alta eficiencia 30XW-P/30XWHP | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 512 | 521 | 588 | 74 | 24,8 | 28 | 512 | 590 | 86 | 24,4 | 27 | 488 | 577 | 98 | 23,3 | 25 | 464 | 567 | 113 | 22,1 | 23 | 443 | 560 | 129 | 21,1 | 21 | | |
| 562 | 592 | 669 | 84 | 28,2 | 35 | 581 | 669 | 97 | 27,7 | 34 | 551 | 653 | 112 | 26,3 | 31 | 526 | 643 | 129 | 25,1 | 28 | 502 | 636 | 147 | 23,9 | 26 | | |
| 712 | 760 | 856 | 106 | 36,2 | 33 | 740 | 851 | 122 | 35,3 | 32 | 706 | 835 | 141 | 33,7 | 29 | 674 | 821 | 163 | 32,1 | 27 | 641 | 811 | 187 | 30,6 | 25 | | |
| 812 | 811 | 918 | 118 | 38,7 | 38 | 789 | 912 | 134 | 37,6 | 36 | 752 | 895 | 157 | 35,9 | 33 | 718 | 884 | 182 | 34,2 | 30 | 685 | 875 | 209 | 32,6 | 28 | | |
| 862 | 882 | 997 | 126 | 42,0 | 44 | 865 | 997 | 145 | 41,2 | 42 | 820 | 972 | 168 | 39,1 | 38 | 780 | 956 | 193 | 37,2 | 35 | 741 | 943 | 221 | 35,4 | 32 | | |
| 1012 | 1021 | 1158 | 150 | 48,7 | 45 | 1047 | 1205 | 174 | 49,9 | 47 | 991 | 1172 | 199 | 47,2 | 42 | 943 | 1150 | 228 | 44,9 | 39 | 900 | 1137 | 260 | 42,9 | 35 | | |
| 1162 | 1201 | 1352 | 166 | 57,3 | 61 | 1165 | 1339 | 191 | 55,5 | 58 | 1111 | 1312 | 220 | 53,0 | 53 | 1062 | 1292 | 253 | 50,6 | 49 | 1014 | 1277 | 289 | 48,3 | 44 | | |
| 1312 | 1349 | 1518 | 186 | 64,3 | 39 | 1320 | 1516 | 216 | 62,9 | 37 | 1252 | 1478 | 249 | 59,7 | 34 | 1201 | 1461 | 286 | 57,2 | 31 | 1147 | 1446 | 328 | 54,7 | 28 | | |
| 1462 | 1511 | 1701 | 209 | 72,0 | 49 | 1474 | 1694 | 242 | 70,3 | 47 | 1414 | 1668 | 279 | 67,4 | 43 | 1352 | 1644 | 321 | 64,5 | 39 | 1291 | 1627 | 369 | 61,6 | 36 | | |
| 1612 | 1682 | 1895 | 234 | 80,2 | 58 | 1632 | 1874 | 266 | 77,8 | 55 | 1556 | 1840 | 312 | 74,2 | 50 | 1489 | 1817 | 361 | 71,0 | 46 | 1419 | 1795 | 414 | 67,6 | 42 | | |
| 1762 | 1800 | 2031 | 255 | 85,8 | 66 | 1764 | 2028 | 290 | 84,1 | 64 | 1674 | 1984 | 341 | 79,8 | 58 | 1580 | 1940 | 396 | 75,3 | 52 | 1499 | 1914 | 456 | 71,4 | 47 | | |

Legenda:
 Qc kW Capacidad frigorífica
 Qh kW Capacidad calorífica
 Unit kW Consumo de la unidad (compresores, circuito de control)
 Cool l/s Caudal de agua del evaporador
 Cool kPa Caída de presión del evaporador
Datos de aplicación:
 Unidades estándar, refrigerante R-134a
 Incremento de temperatura del agua del evaporador: 5 K
 Flujo del evaporador: agua enfriada
 Factor de ensuciamiento: 0,18 x 10³ (m² K)/W
 Rendimientos conforme a la norma EN 14511

Figura 6. Catálogo comercial de la casa CARRIER

Debemos escoger la bomba que permita una salida de agua del condensador a 30°C, debido a que el agua de mina llega a unos 24°C y se calienta hasta 29°C para que el fluido de la bomba de calor se condense, y así poder aprovechar su calor latente para dar frío al sistema.

Esto nos lleva al modelo 712 (columna de la izquierda). Con este dato se procede a calcular le eficiencia o COP:



$$COP_{30XWHP712} = \frac{\text{Potencia térmica / frigorífica}}{\text{Consumo eléctrico}} = \frac{760 / 856}{106} = 7,16 / 8,14$$

Es decir, por cada unidad de energía eléctrica cedida a la bomba, esta nos devuelve 8.16 unidades de energía térmica, y 7.16 unidades de energía frigorífica. Por tanto si se colocan cuatro bombas, se desarrollará una potencia total calorífica de:

$$863,4 \times 4 = 3455,6 \text{ KW}$$

La potencia frigorífica será:

$$760 \times 4 = 3040 \text{ KW}$$

El consumo eléctrico tendrá un valor de:

$$106,2 \times 4 = 424,8 \text{ KW}$$

Los elementos principales de la bomba de calor tienen las siguientes características:

Información del evaporador:

Tipo de fluido.....Agua
Factor de ensuciamiento.....0,018 (sqm-K)/KW
Temperatura de salida.....7°C
Temperatura de entrada.....12°C
Caudal de fluido.....36,23 l/s

Información del condensador

Tipo de fluido.....Agua
Factor de ensuciamiento.....0,018 (sqm-K)/KW

Temperatura de salida.....30°C
Temperatura de entrada.....25°C
Caudal de fluido.....41,50 L/s

Por tanto, se considera un caudal superior a 41.5 l/s, tanto para saber que cantidad de agua debemos bombear, como para calcular el resto de equipos

Debido a que los equipos no están preparados para el uso de agua de mina, se hace necesario introducir unos intercambiadores de calor entre la mina y las tuberías que llevan el agua a las bombas de calor.

Intercambiador de calor con agua de mina

El agua de mina contiene una serie de impurezas que pueden dañar tanto las bombas de calor como el circuito de tuberías, por ello, el agua de mina cederá su calor a un circuito secundario de agua limpia con objeto de evitar las incrustaciones tanto en las tuberías como en el condensador y en el evaporador de la bomba de calor.

Los intercambiadores estarán situados en la boca del pozo, en invierno uno de ellos cubrirá las demandas principales de calefacción y otro más pequeño actuará de apoyo en caso de grandes demandas.

Los intercambiadores fueron escogidos de la casa SEDICAL, y mediante el programa informático proporcionado por la misma casa, se pueden diseñar los intercambiadores en función de las necesidades del hospital. A continuación se muestran las capturas de pantalla para cada uno de los intercambiadores elegidos. (Ver figura 7 y 8).

CALCULO DE INTERCAMBIADORES DE PLACAS

Proyecto Acumular Ayuda

Con juntas
 Termosoldados

Con certificado PED
 Con certificado TÜV

Calculo Anti-Legionela

Caliente **Frio**

Potencia de intercambio kW 755.78

Fluido Agua Agua

Temperatura entrada °C 24 17

Temperatura salida °C 19 22

Perdida de carga maxima kPa 50 50

Caudal l/h 130320.0 130218.8

Presion maxima de trabajo bar 10

Sobredimensionamiento %

Posición

Material de las placas
 AISI 316

Grosor minimo de la placa
 0.5 mm

Material de las juntas
 Nitrilo HT

M. conexiones c. caliente
 Forro goma

M. conexiones circ. frio
 Forro goma

| Modelo | Placas N° | Agrupamiento | Area m² | DP1 kPa | DP2 kPa | Sobredim. % | Precio Euros |
|------------|-----------|--------------|---------|---------|---------|-------------|--------------|
| UFP-103/LM | 146 | 1x73 / 1x72 | 74.0 | 49 | 50 | 1.7 | 14820.00 |
| UFP-151/MH | 138 | 1x69 / 1x68 | 61.4 | 49 | 50 | 1.0 | 15275.00 |
| UFP-153/TM | 102 | 1x51 / 1x50 | 68.0 | 49 | 51 | 2.1 | 15456.00 |

Figura 7. Intercambiador de calor de apoyo

CALCULO DE INTERCAMBIADORES DE PLACAS

Proyecto Acumular Ayuda

Con juntas
 Termosoldados

Con certificado PED
 Con certificado TÜV

Calculo Anti-Legionela

Caliente **Frio**

Potencia de intercambio kW 1511.56

Fluido Agua Agua

Temperatura entrada °C 24 17

Temperatura salida °C 19 22

Perdida de carga maxima kPa 50 50

Caudal l/h 260640.4 260437.9

Presion maxima de trabajo bar 10

Sobredimensionamiento %

Posición

Material de las placas
 AISI 316

Grosor minimo de la placa
 0.5 mm

Material de las juntas
 Nitrilo HT

M. conexiones c. caliente
 Forro goma

M. conexiones circ. frio
 Forro goma

| Modelo | Placas N° | Agrupamiento | Area m² | DP1 kPa | DP2 kPa | Sobredim. % | Precio Euros |
|------------|-----------|---------------|---------|---------|---------|-------------|--------------|
| UFP-153/LM | 214 | 1x107 / 1x106 | 144.2 | 50 | 51 | 2.4 | 25841.00 |
| UFP-151/MH | 288 | 1x144 / 1x143 | 129.1 | 49 | 50 | 1.4 | 26532.00 |

Figura 8. Intercambiador de calor principal

Cálculo de la tubería

Una vez que tenemos tanto las bombas de calor como los intercambiadores, solo se requiere calcular que tipo de tubería satisface mejor las necesidades del hospital. Para ello, hemos de elegir el material con el cual pretendemos construir la tubería. Por manejo, durabilidad y debido a que el fluido utilizado es agua, se elegirá una tubería plástica, en lugar de una tubería de fundición, hormigón o cualquier otro material. Las tuberías plásticas que existen en el mercado desde hace mucho tiempo, pero su uso no ha empezado a extenderse hasta los últimos 15 años. Realizamos un estudio de las características de diferentes polímeros, que se refleja en la figura 9.

| Material | ABS | Polipropileno | Polietileno | PVC | PRFV |
|---|---------|---------------|-------------|-----------|---------|
| Alargamiento a la Rotura (%) | 45 | 15-30 | - | 15 | - |
| Coefficiente de Fricción | 0,5 | 0,1-0,3 | 0,29 | 0,3 | 0,1 |
| Módulo de Tracción (GPa) | 2,1-2,4 | 0,9-1,5 | 0,5-1,2 | 3,6 | 3,6-4,4 |
| Resistencia a la Tracción (MPa) | 41-45 | 25-40 | 15-40 | 40 | 63 |
| Resistencia al Impacto Izod (J m⁻¹) | 200-400 | 20-100 | 20-210 | 50-200 | 42 |
| Absorción de Agua - en 24 horas (%) | 0.3-0.7 | 0,03 | 0,01 | 0,03 | 0,6 |
| Densidad (g cm⁻³) | 1,05 | 0,9 | 0,95 | 1,4 | 1,8 |
| Conductividad térmica (W/m-K) | 0.25 | 0.20-0.30 | 0.30-0.45 | 0.15-0.25 | 0.31 |
| Resistencia a los Ultra-violetas | Mala | Mala | Mala | Media | Mala |

Figura 9. Tabla comparativa de los distintos polímeros

Debido a que las características más importantes son la conductividad y la absorción de agua, y todos los materiales poseen buenos datos en cuanto a esto, se eligió una tubería de polietileno, debido al bajo coste del material en comparación con el resto.

Las pérdidas de carga continuas (por unidad de longitud), J, deben calcularse, en general, mediante la fórmula experimental de Darcy-Weisbach. Pueden aceptarse para el PE un valor de $k = 0,003 \text{ mm}$ (rugosidad absoluta; fórmula de Colebrook), y bajo esta

hipótesis, se tabula la pérdida de carga por unidad de longitud J , así como la velocidad y el diámetro interno, según la fórmula de Darcy-Weisbach. Estos valores se reflejan en la figura 10.

| Q (L/s) | ID 200 mm | | ID 300 mm | | ID 400 mm | | ID 500 mm | | ID 600 mm | |
|---------|-----------|---------|-----------|---------|-----------|---------|-----------|---------|-----------|---------|
| | J (m/m) | v (m/s) | J (m/m) | v (m/s) | J (m/m) | v (m/s) | J (m/m) | v (m/s) | J (m/m) | v (m/s) |
| 25 | 0,002 | 0,796 | 0,001 | 0,354 | 0,000 | 0,199 | 0,000 | 0,127 | 0,000 | 0,088 |
| 50 | 0,006 | 1,592 | 0,002 | 0,707 | 0,000 | 0,398 | 0,000 | 0,255 | 0,000 | 0,177 |
| 75 | 0,014 | 2,387 | 0,003 | 1,061 | 0,000 | 0,597 | 0,000 | 0,382 | 0,000 | 0,265 |
| 100 | 0,026 | 3,183 | 0,005 | 1,415 | 0,001 | 0,796 | 0,000 | 0,509 | 0,000 | 0,354 |

Figura 10. Tabla de valores tabulados de la fórmula de Darcy-Weisbach

Si se utilizan dos tuberías, el caudal que circula por cada una de ellas es el correspondiente a dos bombas de calor:

$$Q = 41,50 \cdot 2 = 83 \text{ l/s}$$

Conviene que la velocidad a la que se desplaza el agua sea lo menor posible, y se estima que valores entre 1 y 1.5 m/s son adecuados, ya que por un lado, no produce muchas pérdidas de carga, y por otro lado, es suficiente para que el agua se mueva con cierta fluidez.

Interpolando para ID = 300mm:

$$\frac{83 - 75}{100 - 75} = \frac{J_{83} - 0,003}{0,005 - 0,003} \Rightarrow J_{83} = 0,00364 \text{ m/m}$$

$$\frac{83 - 75}{100 - 75} = \frac{v_{83} - 1,061}{1,415 - 1,061} \Rightarrow v_{83} = 1,1743 \text{ m/s}$$

Este diámetro parece correcto, ya que da un valor acorde de la velocidad. La distancia calculada de la tubería tiene un valor $L = 1783 \text{ m}$. por lo que la pérdida de carga continua en la tubería se puede calcular:

$$\Delta H_c = J_{83} \cdot L = 0,00364 \text{ m/m} \cdot 1783 \text{ m} = \mathbf{6,49 \text{ m (por tramo)}}$$

La pérdida de carga en conducción total es de 1,41bar, pero al utilizar el bombeo para llevar el agua de la mina al hospital, estas pérdidas pueden aumentar, aunque nunca más de un 400%, por lo que, fijándonos en el catálogo, se puede escoger la tubería de la primera columna, correspondiente a PE100 (polietileno de alta densidad) con un diámetro interior lo más cercano a 300, y preferiblemente superior para aumentar así la seguridad y reducir las pérdidas al máximo.

Se ha elegido un catálogo de la casa comercial PLOMYLEN; dicha empresa ofrece tubos de PE100, en el cual se fija el interés del proyecto, con una amplia gama de diámetros. En la figura 11 se muestra el catálogo de la casa PLOMYLEN, y en él, se señala el tubo escogido, para calcular posteriormente sus pérdidas de temperatura.

(Medidas en mm)

| SDR | 33 | 26 | 21 | 17 | 13,6 | 11 | 9 | 7,4 | | | | | | | | | |
|--------------------|-----------------------|--------|------|--------|------|--------|------|-------|------|-------|------|-------|------|-------|------|-------|--|
| S | 16 | 12,5 | 10 | 8 | 6,3 | 5 | 4 | 3,2 | | | | | | | | | |
| Tipo | Presión Nominal (bar) | | | | | | | | | | | | | | | | |
| PE 80 | 4 | 5 | 6 | 8 | 10 | 12,5 | 16 | 20 | | | | | | | | | |
| PE 100 | 5 | 6 | 8 | 10 | 12,5 | 16 | 20 | 25 | | | | | | | | | |
| SN (kN/m^2) | 2 | 4 | 8 | 16 | 32 | 64 | 80 | 128 | | | | | | | | | |
| DN De | Espesor Nominal (mm) | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | e | Di | e | Di | e | Di | e | Di | e | Di | e | Di | e | Di | e | Di | |
| 20 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 25 | | | | | | | | | 2.0 | 21.0 | 2.3 | 20.4 | 3.0 | 19.0 | 3.5 | 18.0 | |
| 32 | | | | | | | 2.0 | 28.0 | 2.4 | 27.2 | 3.0 | 26.0 | 3.6 | 24.8 | 4.4 | 23.2 | |
| 40 | | | | | 2.0 | 36.0 | 2.4 | 35.2 | 3.0 | 34.0 | 3.7 | 32.6 | 4.5 | 31.0 | 5.5 | 29.0 | |
| 50 | | | 2.0 | 46.0 | 2.4 | 45.2 | 3.0 | 44.0 | 3.7 | 42.6 | 4.6 | 40.8 | 5.6 | 38.4 | 6.9 | 36.2 | |
| 63 | | | 2.5 | 58.0 | 3.0 | 57.0 | 3.8 | 55.4 | 4.7 | 53.6 | 5.8 | 51.4 | 7.1 | 48.8 | 8.6 | 45.8 | |
| 75 | | | 2.9 | 69.2 | 3.6 | 67.8 | 4.5 | 66.0 | 5.6 | 63.8 | 6.8 | 61.4 | 8.4 | 58.2 | 10.3 | 54.4 | |
| 90 | | | 3.5 | 83.0 | 4.3 | 81.4 | 5.4 | 79.2 | 6.7 | 76.6 | 8.2 | 73.6 | 10.1 | 69.8 | 12.3 | 65.4 | |
| 110 | | | 4.2 | 101.8 | 5.3 | 99.4 | 6.6 | 96.8 | 8.1 | 93.8 | 10.0 | 90.0 | 12.3 | 85.4 | 15.1 | 79.8 | |
| 125 | | | 4.8 | 115.4 | 6.0 | 113.0 | 7.4 | 110.2 | 9.2 | 106.6 | 11.4 | 102.2 | 14.0 | 97.0 | 17.1 | 90.8 | |
| 140 | | | 5.4 | 129.2 | 6.7 | 126.6 | 8.3 | 123.4 | 10.3 | 119.4 | 12.7 | 114.6 | 15.7 | 108.6 | 19.2 | 101.6 | |
| 160 | | | 6.2 | 147.6 | 7.7 | 144.6 | 9.5 | 141.0 | 11.8 | 136.4 | 14.6 | 130.8 | 17.9 | 124.2 | 21.9 | 116.2 | |
| 180 | | | 6.9 | 166.2 | 8.6 | 162.8 | 10.7 | 158.6 | 13.3 | 153.4 | 16.4 | 147.2 | 20.1 | 139.8 | 24.6 | 130.8 | |
| 200 | | | 7.7 | 184.6 | 9.6 | 180.8 | 11.9 | 176.2 | 14.7 | 170.6 | 18.2 | 163.6 | 22.4 | 155.2 | 27.4 | 145.2 | |
| 225 | | | 8.6 | 207.8 | 10.8 | 203.4 | 13.4 | 198.2 | 16.6 | 191.8 | 20.5 | 184.0 | 25.2 | 174.6 | 30.8 | 163.4 | |
| 250 | | | 9.6 | 230.8 | 11.9 | 226.2 | 14.8 | 220.4 | 18.4 | 213.2 | 22.7 | 204.6 | 27.9 | 194.2 | 34.2 | 181.6 | |
| 280 | | | 10.7 | 258.6 | 13.4 | 253.8 | 16.8 | 246.8 | 20.6 | 238.8 | 25.4 | 229.2 | 31.3 | 217.4 | 38.3 | 203.4 | |
| 315 | 9.7 | 295.6 | 12.1 | 290.8 | 15.0 | 285.0 | 18.7 | 277.8 | 23.2 | 268.6 | 28.6 | 257.8 | 35.2 | 244.6 | 43.1 | 228.8 | |
| 355 | 10.9 | 333.2 | 13.6 | 327.8 | 16.9 | 321.2 | 21.1 | 312.8 | 26.1 | 302.8 | 32.2 | 290.6 | 39.7 | 275.6 | 48.5 | 258.0 | |
| 400 | 12.3 | 375.4 | 15.3 | 369.4 | 19.1 | 361.6 | 23.7 | 352.6 | 29.4 | 341.2 | 36.3 | 327.4 | 44.7 | 310.6 | 54.7 | 290.6 | |
| 450 | 13.8 | 422.4 | 17.2 | 415.6 | 21.5 | 407.0 | 26.7 | 396.6 | 33.1 | 383.8 | 40.9 | 368.2 | 50.3 | 349.4 | 61.5 | 327.0 | |
| 500 | 15.3 | 469.4 | 19.1 | 461.8 | 23.9 | 452.2 | 29.7 | 440.6 | 36.8 | 426.4 | 45.4 | 409.2 | 55.8 | 388.4 | | | |
| 560 | 17.2 | 525.6 | 21.4 | 517.2 | 26.7 | 506.6 | 33.2 | 493.6 | 41.2 | 477.6 | 50.8 | 458.4 | | | | | |
| 630 | 19.3 | 581.4 | 24.1 | 581.8 | 30.0 | 570.0 | 37.4 | 555.2 | 46.3 | 537.4 | 57.2 | 515.6 | | | | | |
| 710 | 21.8 | 666.4 | 27.2 | 655.6 | 33.9 | 642.2 | 42.1 | 625.8 | 52.2 | 605.6 | | | | | | | |
| 800 | 24.5 | 751.0 | 30.6 | 738.8 | 38.1 | 723.8 | 47.4 | 705.2 | 58.8 | 682.4 | | | | | | | |
| 900 | 27.6 | 844.8 | 34.4 | 831.2 | 42.9 | 814.2 | 53.3 | 793.4 | | | | | | | | | |
| 1000 | 30.6 | 938.8 | 38.2 | 923.6 | 47.7 | 904.6 | 59.3 | 881.4 | | | | | | | | | |
| 1200 | 36.7 | 1126.6 | 45.9 | 1108.2 | 57.2 | 1085.6 | | | | | | | | | | | |
| 1400 | 42.9 | 1314.2 | 53.5 | 1293.0 | | | | | | | | | | | | | |
| 1600 | 49.0 | 1502.0 | 61.2 | 1477.6 | | | | | | | | | | | | | |

Figura 11. Catálogo comercial de la casa PLOMYLEN

Una de las razones fundamentales de elegir esta casa comercial es el bajo precio de sus tuberías. El precio oscila entre los 20 y los 60 € por metro de longitud, dependiendo del espesor, que, como se ha mencionado es uno de los datos fundamentales y sobre el que se sustenta el cálculo de las pérdidas de temperatura en el fluido que circula por el interior de la tubería.

4 Resultados: Comparativa con otros sistemas

Uno de los pilares básicos del uso de energía geotérmica, es la reducción de emisiones de dióxido de carbono respecto a otros sistemas. Se puede hacer un cálculo bastante preciso de las emisiones de CO₂ evitadas con la utilización de geotermia en lugar de otros sistemas convencionales.

Para calcular los consumos de calefacción del hospital:

Potencia instalada = 4x839 KW (Bombas de calor)

Estimación de carga: 50% = 2014 KW

Uso anual de calefacción = 10 horas al día durante 200 días

Consumo del hospital = 3500000 Kwh./año

En la figura 12 se muestra a la comparativa con otros sistemas:

| Emisiones de CO ₂ | | | | | | |
|------------------------------|-------------------|-------------------------|------------------------------|-----------------------------|-------------------------|--|
| Sistema | Eficiencia Equipo | Precio Energía (€/Kwh.) | Ratio de emisiones (gr/Kwh.) | Emisiones totales (Ton/año) | Reducción alcanzada (%) | |
| Chiller | 3 | 0,1173 | 600,00 | 700,00 | 63,14% | |
| Gas Natural | 0,8 | 0,0380 | 230,00 | 805,00 | 67,95% | |
| Gasóleo | 0,8 | 0,0800 | 318,00 | 1.113,00 | 76,82% | |
| Geotermia | 8,14 | 0,1173 | 600,00 | 257,99 | | |

Figura 12 Tabla de comparación entre diferentes sistemas de climatización

A esto habrá que sumarle la construcción de diferentes depósitos tanto para gas natural como para gasóleo, cuyo volumen se puede calcular:

Gas natural

Densidad del gas natural = 0.017 Kg./m³

PCI del gas natural = 42000 Kcal./Kg

$$3500000 \frac{\text{KW}\cdot\text{h}}{\text{año}} \cdot \frac{3600\text{s}}{1\text{h}} \cdot \frac{1\text{KJ}}{1\text{KW}\cdot\text{s}} \cdot \frac{0.24\text{Kcal}}{1\text{KJ}} \cdot \frac{1\text{Kg}}{42000\text{Kcal}} \cdot \frac{1\text{m}^3}{0.017\text{Kg}} = 17.65 \cdot 10^6 \frac{\text{m}^3}{\text{año}}$$

Gasóleo

Densidad del gasóleo = 850 Kg./m³

PCI del gas natural = 10200 Kcal./Kg

$$3500000 \frac{\text{KW}\cdot\text{h}}{\text{año}} \cdot \frac{3600\text{s}}{1\text{h}} \cdot \frac{1\text{KJ}}{1\text{KW}\cdot\text{s}} \cdot \frac{0.24\text{Kcal}}{1\text{KJ}} \cdot \frac{1\text{Kg}}{10200\text{Kcal}} \cdot \frac{1\text{m}^3}{850\text{Kg}} = 348.8 \frac{\text{m}^3}{\text{año}}$$

5 Presupuesto

El presupuesto aproximado para el desarrollo de este proyecto se muestra en la figura 13. Nótese que no se incluyen las bombas sumergibles que se encuentran en el pozo Barredo (ya instaladas) ni las bombas de calor (la climatización depende del hospital). Los precios por unidad se obtienen haciendo una estimación de diversos proyectos del grupo HUNOSA.



| EQUIPO | UNIDADES | CANTIDAD | PRECIO UNITARIO (€) | COSTE TOTAL (€) |
|--|----------------|----------|---------------------|-------------------|
| <u>MOVIMIENTO DE TIERRAS</u> | - | - | - | 580.025,87 |
| Picado pavimento existente con medios mecánicos | m ² | 4375,00 | 8,50 | 37.187,50 |
| Excavación de zanja para todo tipo de terrenos | m ³ | 13125,00 | 25,00 | 328.125,00 |
| Relleno de zanja con arena de aportación | m ³ | 12630,20 | 17,00 | 214.713,37 |
| <u>ESTRUCTURAS</u> | - | - | - | 100.625,00 |
| Losa de protección de hormigón in situ espesor 15 cm | m ² | 4375,00 | 23,00 | 100.625,00 |
| <u>URBANIZACIÓN</u> | - | - | - | 180.250,00 |
| Reposición de pavimento existente a base de asfalto, doleras de hormigón armado y aceras pavimentadas con baldosa hidráulica | m ² | 4375,00 | 38,00 | 166.250,00 |
| Firme con tierra de aportación | m ² | 4375,00 | 3,20 | 14.000,00 |
| <u>TUBERÍAS</u> | - | - | - | 362.460,00 |
| Tubería PE | m | 7000,00 | 50,00 | 350.000,00 |
| Cableado de control por bus + tubo corrugado de PVC | m | 14000,00 | 0,89 | 12.460,00 |
| <u>BOMBEO HORIZONTAL</u> | - | - | - | 7.169,00 |
| SEDICAL SIM100-315 | UD | 2,00 | 4002,00 | 8.004,00 |
| SEDICAL SIM100-290 | UD | 2,00 | 3167,00 | 6334,00 |
| <u>INTERCAMBIADORES DE CALOR</u> | - | - | - | 55.481,00 |

| | | | | |
|---------------------------------|----|------|----------|---------------------|
| SEDICAL UFP/103-LM | UD | 2,00 | 14820,00 | 29.640,00 |
| SEDICAL UFP/153-LM | UD | 1,00 | 25841,00 | 25.841,00 |
| <u>PRESUPUESTO TOTAL</u> | - | - | - | 1.296.346,87 |

Figura 13. Presupuesto aproximado del Proyecto

6 Bibliografía

- [1] *Estudio sobre la inundación de los pozos mineros en la zona Barredo-Valle del Turón-Valle del Aller*. Enero 2009. **Grupo HUNOSA, IGME, Universidad de Oviedo**.
- [2] *Desagüe del pozo Barredo*. Diciembre 2004. **Grupo HUNOSA**
- [3] *Repercusión de la inundación de los Pozos San José y Figaredo sobre las labores mineras de los Pozos Santiago y Barredo*. Julio 2004. **Grupo HUNOSA**
- [4] *Repercusión de la inundación de los Pozos San José y Figaredo sobre el nivel freático*. Junio 2004. **Grupo HUNOSA**
- [5] *Estudio hidrogeológico de la repercusión de la inundación del pozo Barredo (Mieres, Asturias)*. Diciembre 2005. **AITEMIN**
- [6] *Especificaciones técnicas de bombas sumergibles, motores y accesorios 50 Hz GRUNDFOS™*. 2010

- [7] *Nueva instalación de bombeo para desagüe y suministro de agua a edificios del campus universitario de Mieres mediante bombas sumergibles en caña del Pozo Barredo.* Febrero 2010. **Grupo HUNOSA**
- [8] *Tuberías de PVC. Manual técnico y programa de cálculo.* Edición 2006. **AseTUB (AENOR)**
- [9] *Tuberías de polietileno. Manual técnico.* Edición 2008. **AseTUB (AENOR)**
- [10] *MASA. Tubos y sistemas.* 2001-2010. **MASA Tubos y sistemas**
www.masa.es/B.propiedades || www.masa.es/B.clasificacion.
- [11] *Manual técnico ABS.* Edición 2008. **DTP pipe Systems**
- [12] *Tuberías de poliéster reforzado con fibra de vidrio(Manual técnico).* Edición Marzo 2008. **AseTUB (AENOR)**
- [13] *Tubería de Polipropileno para conducción de agua fría y caliente bajo presión.* **Proyecto en Norma de consulta pública. NCh.3151.c200.** http://www.siss.cl/articles-5853_recurso_5.pdf
- [14] *MONOGRAFÍA: "MATERIALES NO CONVENCIONALES : POLIPROPILENO HOMOPOLÍMERO ISOTACTICO".* 2002 **C.Boin. F.Ciancio. L.S. López. Dpto Mecánica aplicada y estructuras. Universidad del Rosario (Méjico)**
- [15] *Instalación de tuberías para abastecimiento, riego y saneamiento según normativa vigente.* Mayo 2010. **ADEQUA Uralita.**
- [16] *Mantenimiento de intercambiadores de calor.* Mayo 2010. **Thermoequipos C.A**

- [17] *Introducción a la Teoría de la Transferencia de Calor*. Mayo 2010. **Thermoequipos C.A**
- [18] *PROCESS COMPONENT DESIGN.. P. Buthod & all, “Heat Exchangers Design”*. **Universidad de Tulsa .Oklahoma**
- [19] *MANUAL DEL INGENIERO QUÍMICO. “Transferencia de Calor”. “Equipos de Transferencia de Calor”*.7ª Edición. McGraw Hill 2001. **Perry & Chilton**.
- [20] *Geothermal Heat Pumps. A guide for planning & installing*. Earthscan 2008 **Karl Ochsner & Robert Curtis**
- [21] *La bomba de calor. Fundamentos, técnicas y aplicaciones*. McGraw Hill 1993. **R. Monasterio. P. Hernandez. J. Saiz. M**
- [22] *Ficha técnica R-134. . 2009. GAS Servei. S.L.*
- [23] *Ficha de datos de seguridad R-134. . 2009. GAS Servei. S.L.*
- [24] *FLUID MECHANICS (With engineering applications)*. 9ª Edición. McGraw Hill. 1997. **J.B.Franzini. E.J. Finnemore**
- [25] *SEMEJANZA HIDRODINÁMICA Y ANÁLISIS DIMENSIONAL*. 2008. **Pedro Fernández Díez** <http://es.libros.redsauce.net/index.php?folderID=10>
- [26] *CÁLCULO DE TUBERÍAS*. 2008. **Pedro Fernández Díez** <http://es.libros.redsauce.net/index.php?folderID=10>