

HOSPITAL DE MOLLET, EFICIENCIA Y SOSTENIBILIDAD

El Nuevo Hospital de Mollet, un Proyecto del plan de equipamientos del Cat Salut , Departament de Sanitat de la Generalitat de Catalunya , se está construyendo para el Consorci Hospitalari Hospital de Mollet en base al Proyecto de Corea Moran Arquitectura , con la colaboración en Instalaciones de Ingeniería de Enginya SL. Se prevé finalizar las obras a finales de 2009. El Proyecto pretende ser un referente como modelo de diseño eficiente y sostenible. La aplicación de Bombas de Calor geotérmicas es un proyecto pionero en grandes edificios sanitarios . Este sistema aplicado al Proyecto del Nuevo Hospital de Mollet es parte de un conjunto de medidas y objetivos de Eficiencia y Sostenibilidad que confieren a este nuevo centro sanitario unas características singulares, las más destacables de las cuales exponemos en esta Ponencia , con especial mención de la utilización de la energía geotérmica en un Sistema de Bombas de Calor dentro de unas instalaciones de alta eficiencia energética.

Francisco Castella

Dr. Ingeniero Industrial

International Federation of Hospital Engineering -President

Asociación Española de Ingeniería Hospitalaria -Comisión Técnica

Consultor en Ingeniería Sanitaria

SOSTENIBILIDAD

Nos referiremos en primer lugar a la Directiva Europea 91, de Diciembre 2002 , publicada en Enero 2003 bajo el título de Energy Performance of Buildings.

La Directiva Europea reconoce en los edificios un sector de gran relevancia en el consumo global de energía y manifiesta su preocupación por el creciente consumo en aire acondicionado en los últimos años , considerando una prioridad establecer estrategias que lo reduzcan en tales equipamientos, responsables del 50% de la energía consumida en el sector terciario. Nuestros hospitales, dentro del sector terciario, constituyen un grupo de edificios particularmente intensivos en el consumo energético. La Directiva Europea nos afecta como al que más.

La Directiva recomienda especial atención a los aspectos constructivos, forma, orientación y aislamientos, al uso de luz y ventilación natural ,así como a la aplicación de energías renovables, y a la aplicación de sistemas de alta eficiencia como cogeneración, bombas de calor, etc

La SOSTENIBILIDAD es un objetivo que prevalece en los proyectos actuales .

Este concepto se aplica comúnmente en nuestros días a la capacidad que debe adquirir la sociedad de consumo para no abusar de los recursos naturales en forma agresiva que suponga un riesgo de degradación que comprometa su futuro. Hay bastantes definiciones de *SOSTENIBILIDAD* en función del sector, si bien las más aceptadas se refieren a

Eficiencia Energética

Respeto al Medio Ambiente

Los objetivos de la Unión Europea son los de reducir los consumos de energía en un 20%, las emisiones de gases efecto invernadero en un mismo 20% y que las energías renovables asuman el 20% del total de la producción energética. Referencia 1990

La Eficiencia y la Sostenibilidad definen hoy en día la **Viabilidad** de una estructura sanitaria y es el objetivo esencial para los proyectos y diseños de la Arquitectura e Ingeniería Hospitalaria.

Cuando hablamos de Eficiencia nos referimos a una atención sanitaria eficaz dentro de un programa sanitario, a un bienestar del paciente que coadyuve a su recuperación, a un funcionamiento ordenado y eficiente en circulaciones y logística y a unos costes de operación optimizados , todo lo cual es parte de la VIABILIDAD

Los objetivos del Nuevo Hospital de Mollet incorporan, como parte esencial de su diseño viable , conceptos de EFICIENCIA Y SOSTENIBILIDAD que desarrollamos en los siguientes capítulos



La arquitectura del edificio

Conceptos básicos. Un hospital en la actualidad se tendría que proyectar siguiendo tres categorías de conceptos básicos:

a-condiciones de emplazamiento.

- El lugar físico, su topografía, dimensiones, accesibilidad, urbanismo, hacen que una tipología y objetivos genéricos se conviertan en diseños específicos adaptados al entorno.

b-conceptos de diseño.

- El hospital horizontal frente al hospital vertical
- La estructura física y circulatoria , acceso y conexión, organización de espacios funcionales y las relaciones entre las personas de público, asistencial y de servicios.
- Flexibilidad y versatilidad permitiendo cambios de uso, futuro crecimiento de sus servicios y la adaptación a nuevas tecnologías.
- Sostenibilidad, reducción de la demanda energética, materiales reciclables de bajo coste energético, instalaciones eficientes de alto rendimiento energético

c-bienestar para las personas

- Está fehacientemente demostrado que un diseño adecuado de la estructura física y ambiental del hospital contribuye eficazmente al tratamiento y recuperación de los pacientes, además de mejorar el rendimiento del personal asistencial.
- Una eficaz estructura circulatoria, la luz natural, las vistas al exterior, unas buenas condiciones acústicas y espaciales, un buen acondicionamiento térmico, la privacidad del paciente.... permite mejorar las condiciones de ocupación del edificio sanitario, haciéndolo más efectivo y eficiente .

El Proyecto del Hospital de Mollet.

No entraremos en una descripción prolija de la Arquitectura del Hospital de Mollet , pero sí que destacaremos algunas de sus facetas más características que le dan un carácter singular:

Adaptación al entorno. El nuevo Hospital de Mollet está situado en Mollet del Vallés a 20 km de Barcelona .Es un hospital comarcal de 26.000 m² y 160 camas de internación. Situado al noroeste de la ciudad en un solar delimitado al oeste por una ronda de circunvalación, un parque de nueva creación , y al este por equipamientos municipales, y el limite construido de la ciudad. El solar es largo y estrecho, con desniveles importantes en la sección longitudinal y transversal

El edificio se plantea como un volumen horizontal calado por patios de luz, que se adecua a la topografía aprovechando la pendiente del terreno , **aligerando su volumetría y reduciendo el impacto visual** sobre el entorno inmediato. Delante del edificio se forma una gran plaza pública, con los principales accesos.

En la dos secciones la norte- sur y la oeste- este , la volumetría del edificio se adapta y sigue la pendiente natural del terreno.

La estructura física. Estructuralmente el proyecto se plantea como un sistema repetitivo de modulos de 16m de ancho por 60 de largo. La estructura se plantea prefabricada con crujiás de 7.60 x 15.00 metros, permitiendo organizar todos los programas funcionales, en una planta libre de pilares y elementos fijos. La estructura prefabricada , la fachada modular con ventanas lineales, y el uso de materiales industrializados de montaje en seco, permiten una gran **flexibilidad**, en los posibles cambios o ampliaciones del programa funcional así como en los cambios provocados por la incorporación de nuevas tecnologías.



Las fachadas. La principal , con amplios accesos, presenta dos plantas y el gran voladizo de la planta de hospitalización, en planta primera ,un espacio donde se sitúan las esperas de público ,con vistas a la plaza de acceso y al parque, **una caja de luz que flota sobre la plaza** , donde se refleja toda la actividad del nuevo equipamiento, generando un umbral protegido y constituyendo un elemento esencial de la imagen del edificio.

La fachada Este es de cuatro plantas, pero se **reducen visualmente** a tres plantas gracias a la formación de un talud verde que entierra parcialmente el primer nivel del sótano.

Los patios de luz. El edificio incorpora una serie de patios que permiten tener luz , ventilación natural y vistas exteriores, en todos los espacios de consulta, asistenciales, despachos y habitaciones del nuevo hospital. Son elementos fundamentales del diseño , protagonistas en la organización final del proyecto , cubriendo objetivos de **eficiencia energética y bienestar de los ocupantes**



Las circulaciones. La estructura circulatoria es uno de los elementos más importantes a la hora de proyectar un equipo sanitario de estas características. Una circulación clara y bien planteada resolverá una buena parte de cuestiones **organizativas y funcionales** del hospital. Se plantean dos circulaciones o calles principales, una de público, y la otra de uso médico o técnico.

Cada una de ellas es de uso exclusivo evitándose la relación y el cruce entre pacientes hospitalizados y personal médico, así como con el público, los visitantes o los pacientes ambulatorios. Ambas circulaciones están relacionadas por elementos de circulación vertical:

- en la pública :ascensor, escaleras y escaleras mecánicas
- en la técnica : ascensor, montacamillas y montacargas

Perpendicular a estas dos circulaciones encontramos las calles de circulación interiores a los servicios, en algunos casos de uso restringido como el área de urgencias o cirugía y en otras de uso mixto con acceso para los pacientes ambulatorios y visitas en el área de hospitalización o consultas externas.

El programa funcional se organiza en cuatro niveles siguiendo dos criterios fundamentales de **ordenación**:

- en horizontal : se organiza de lo más general a lo más especializado
- en vertical : el hospital organiza de lo más público a lo más restringido
 - la planta primera donde se ubican las cuatro unidades de internación, en 88 habitaciones y 160 camas
 - las plantas técnicas están debajo de las de internación
 - la planta baja donde se ubican las unidades de tratamiento ambulatorio ,
 - la planta -1 de tratamiento intensivo
 - y la planta -2 de suministros ,logística e instalaciones

En todas se repite ordenadamente la misma **estructura circulatoria**.

El atrio. El atrio de acceso de circulación pública, se proyecta como un gran espacio de comunicación de gran altura de techo, comunicando visualmente los niveles del hospital. Dotado de escaleras mecánicas de **conexión y comunicación** vertical entre las plantas, una circulación continua y sin interrupción, evitando la incómoda espera del núcleo de ascensores. Este atrio es uno de los elementos vertebradores del proyecto , un gran espacio de **relación** en todos los sentidos



Las cubiertas verdes y ajardinamiento

Se propone una opción de cubierta con más **inercia térmica**, y que a su vez mejore el **impacto paisajístico y ambiental** de un equipamiento de estas dimensiones. La solución propuesta equilibra una superficie de cubiertas de grava sobre la planta primera, y una cubierta verde de vegetación extensiva en las cubiertas de planta baja. La cubierta verde es una solución que actualmente está muy estudiada (vegetación, sustrato, drenaje), y que nos permite reducir considerablemente el coeficiente k de transmisión térmica, aumentando el confort acústico interior con vegetación fonoabsorbente, que por otro lado se adapta al entorno .

Este tipo de vegetación necesita muy poca cantidad de agua, no necesita prácticamente mantenimiento ya que crece 10-15 cm horizontalmente con efecto tapizante, reduce las partículas de polvo suspendidas en el ambiente, reduce el ruido aéreo y de impacto hasta 20 dB y produce 0,5 kgs de oxígeno m³/ año, convirtiendo el dióxido de carbono en oxígeno a razón de 1 kg/m²/año.

Los aislamientos térmicos optimizados

Las cubiertas son objeto de aislamiento especial, doblando el standard de 4 a 8 cm en las cubiertas superiores de grava y ajardinando las cubiertas de planta baja

Las fachadas ventiladas, incorporan importantes mejoras en su comportamiento térmico, con elementos industrializados de montaje en seco, alcanzando una conductividad térmica global de 0,28 w/m²/°C y un aislamiento acústico de 44 db (a). Para mejorar el aislamiento térmico y acústico de las superficies vidriadas se propone utilizar un vidrio de tipo climalit compuesto por un vidrio laminar 3+3 (vidrio de seguridad) una cámara de aire deshidratada de 12 mm y finalmente un vidrio de 8 mm. Este vidrio de 8 mm, exterior, tendría en la fachada oeste por la cara interior una superficie reflectante de la radiación solar, sin disminuir la transparencia ni alterar el color. La k resultante del vidrio será de 1,6w/m² °K. La perfiles de aluminio es de la mejor calidad con ruptura del puente térmico .

El proyecto incorpora en fachada elementos físicos de control solar, voladizos de elementos estructurales, lamas regulables de aluminio y cortinas mecanizadas microperforadas, para controlar la radiación solar según la orientación y las necesidades interiores, mejorando el confort y **reduciendo la demanda de climatización del edificio**.

La integración con la Ingeniería. Se ha concedido gran importancia a la integración en el Proyecto de todos los espacios técnicos de instalaciones, que para un equipamiento sanitario de estas características se aproxima al 15% de la superficie construida. Además de este 15%, el proyecto integra también los patios verticales y pasos de instalaciones con las oportunas dimensiones coordinadas con Ingeniería para **construir y mantener las complejas instalaciones** de un hospital. Se proyectan unas plantas técnicas de instalaciones (intersticiales) entre la planta baja y las unidades de hospitalización en planta primera de 2.60 m, en la cual se instalarán la mayoría de las máquinas de aire acondicionado del edificio, permitiendo una cubierta libre de instalaciones, mejorando el impacto paisajístico del edificio, y optimizando los recorridos de los conductos.

Sostenibilidad y ahorro energético

Como resumen de lo anteriormente expuesto podemos decir que el Proyecto del nuevo edificio incorpora, en cada uno de sus diseños de arquitectura, criterios de respeto medioambiental, eficiencia, sostenibilidad y ahorro energético, los cuales hemos expuesto en las líneas precedentes y que se pueden resumir en los siguientes

- adaptación topográfica, integración en el entorno
 - reducción del impacto paisajístico
 - correcta orientación de edificio
 - factor forma del edificio horizontal
 - espacios y circulaciones optimizadas
 - bienestar de los ocupantes
- aprovechamiento de la luz natural (patios y lucernarios)
 - cubiertas verdes, incremento de la inercia térmica y generando un microclima
 - fachadas ventiladas, con mejoras de aislamiento térmico, montaje en seco
 - aislamientos térmicos optimizados
 - protección solar

La Ingeniería de las Instalaciones técnicas

Son objetivos del Proyecto de Ingeniería :

Utilización de recursos y energías naturales
Entorno saludable y respeto medioambiental
Alta eficiencia de los equipos y sistemas de climatización
Estrategias y Programas de Control y Ahorro de energía
Bienestar de pacientes y ocupantes

Con especial énfasis en la aplicación de Bombas de Calor Geotérmicas

La utilización de recursos naturales y renovables, tiene en cuenta

El aprovechamiento del agua de lluvia
 La luz natural presente en la mayoría de espacios.
 La Energía solar fotovoltaica en las cubiertas planas.
 La ventilación natural y uso del aire exterior

La protección medioambiental, procura evitar en lo posible las emisiones de productos de combustión u otras emisiones que puedan contaminar el entorno

Una de las estrategias de este objetivo es la de la producción de energía térmica por ***Bombas de Calor***, que implica la limitación de emisiones de CO₂ a la atmósfera, objetivo genérico de la Directiva Europea, lo cual se consigue limitando la operación de las calderas de calefacción a lo justo necesario para complementar la potencia térmica suministrada por estos equipos.

El uso de bombas de calor en lugar de calderas es una estrategia recomendada siempre que el rendimiento COP sea elevado. El COP de estos equipos se ve sensiblemente mejorado cuando se emplean sistemas de cuatro tubos que permitan compensar las necesidades de energía térmica de signo opuesto, en forma de agua caliente y agua enfriada, que de manera simultánea ocurren con frecuencia en los hospitales. Las bombas de calor geotérmicas disiparán en el subsuelo solamente la diferencia entre estas energías con lo que, el ***COP del sistema se ve sensiblemente mejorado***.

Otro objetivo del Proyecto, asociado al de protección medioambiental, es el de evitar la contaminación y los eventuales problemas de mantenimiento de las torres de refrigeración, especialmente el que las relaciona con los brotes de legionelosis. La Legionela es una bacteria que vive y se reproduce rápidamente en ambientes acuosos

a temperaturas del orden de los 30 a 40 °C, que es precisamente la T°C de la nube de vapor que se desprende en la evaporación de agua en las torres de refrigeración, cuyo riesgo deseamos evitar en el entorno sanitario, donde gran parte de los pacientes tiene disminuidas sus defensas y son sensibles a infecciones nosocomiales.

El intercambiador geotérmico sustituye con ventaja a las torres de refrigeración

No debemos tampoco olvidar que el agua caliente sanitaria es otra fuente problemática y es la causa más frecuente de brotes infecciosos de legionelosis. Una estrategia fundamental es el buen diseño de la red de agua caliente, con una recirculación eficaz de máxima aproximación a los puntos de consumo, ausencia de puntos muertos, y con temperatura de distribución por encima de los 60°C, a fin de escapar de la zona térmica de mayor riesgo

La eficiencia energética de los equipos bombas de calor

La demanda punta térmica simultánea para el Hospital de Mollet, es la siguiente:

Frío.....	2.196 kW
Calor.....	1.980 kW

El 50% de la potencia térmica de calor será confiado a las Bombas de Calor, apoyadas en las puntas de invierno por calderas de alto rendimiento

En épocas intermedias ,una parte de la producción de las Bombas de Calor aprovechará la simultaneidad de demanda de energías de signo opuesto, doblando en estos casos el rendimiento del compresor.

El 50% de la potencia de refrigeración será también confiado a las Bombas de Calor apoyadas en las puntas de verano por compresores frigoríficos condensados por aire

El agua caliente sanitaria será precalentada por el sistema de las bombas de calor hasta los 40°C y las calderas elevarán la temperatura hasta los 60°C

Las BOMBAS DE CALOR GEOTÉRMICAS constituyen el núcleo básico de producción de energía, responsables de la alta eficiencia global del Sistema, cubriendo más del 70% de los consumos térmicos

El principio en que se basan las bombas de calor es sencillo: pasar energía térmica de un medio (que denominamos la fuente) al espacio que se desea climatizar (que denominamos la carga) mediante el trabajo de un compresor frigorífico . La eficiencia se mide por el COP como kWh térmicos útiles que puede producir el trabajo de 1kWh del compresor. Su eficiencia energética y costes mejoran sensiblemente el rendimiento de los sistemas tradicionales de producción de energía térmica, (calderas y compresores frigoríficos), cuando se aplican estrategias tales como las anteriormente citadas de aprovechar energías simultáneas de signo opuesto para doblar el COP , optimizar temperaturas de la fuente y de la carga, y en nuestro caso aprovechar el **subsuelo como fuente mediante un gran intercambiador enterrado**, en uno de los sistemas energéticos más eficientes que conocemos como Bombas de Calor Geotérmicas.

En instalaciones normales la fuente de intercambio ha sido tradicionalmente el agua que se evapora en las torres de refrigeración y en otros casos el medio de intercambio es el aire . Las torres presentan problemas de contaminación y de mantenimiento y el aire proporciona unos rendimientos bajos y muy variables.

En el caso de las Bombas de Calor que llamamos GEOTÉRMICAS, se usa el subsuelo en intercambio térmico con el edificio, como fuente de calor en invierno y como receptor de calor en verano. **La estabilidad de la temperatura del subsuelo permite una regulación precisa y un rendimiento muy elevado (COP = 4).**

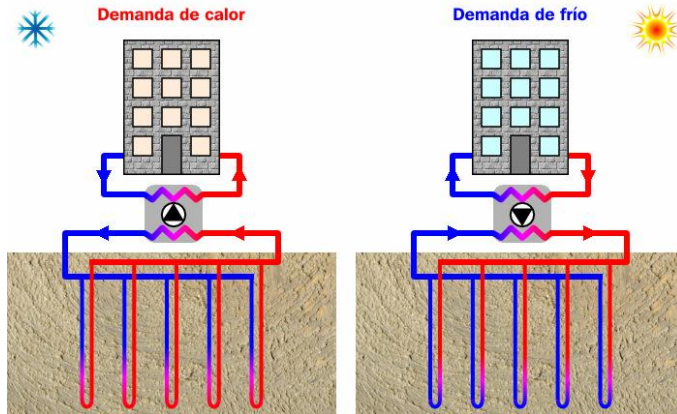


Figura 1-Esquema conceptual de un sistema de Bombas de Calor Geotérmicas

Las carga térmicas son alimentadas por un sistema de cuatro tubos para calefacción con agua a 45-50 °C y para refrigeración con agua a 12-7 °C. En el esquema se incluyen los depósitos buffers que han de actuar para absorber la falta de sincronía en las demandas de energía simultánea

La sala técnica incorpora dos unidades Mc Quay del tipo EcoPlus serie XE de 600 kW cada una, de alto COP superior a 4 trabajando con temperaturas del condensador de 45/50 °C, rendimiento que se mantiene hasta en operación cercana al 10% de su capacidad.

Los modos de operación previstos son los siguientes

- **Refrigeración directa.** En este modo de funcionamiento del sistema, se ha previsto un intercambiador que utiliza el fluido del loop geotérmico directamente desde el campo geotérmico, sin necesidad de los compresores de la bomba de calor. Este modo de funcionamiento tiene un elevado COP. Ello se aplica solamente cuando la temperatura del fluido que circula por el subsuelo es adecuada para refrigerar el sistema hidráulico de las zonas con techo radiante, cuya temperatura de trabajo será del orden de los 18/20 °C
- **Refrigeración utilizando las bombas de calor.** En este modo de funcionamiento del sistema el fluido proveniente del campo geotérmico es la fuente que absorberá calor del condensador de las bombas de calor geotérmicas para enfriar agua en el evaporador. La bomba de calor disipa el calor del condensador al subsuelo el cual se calienta.
- **Calefacción utilizando las bombas de calor.** En este caso, el fluido proveniente del campo geotérmico es la fuente utilizada por las bombas de calor geotérmicas para suministrar calor al Hospital por medio del condensador. La bomba de calor utiliza el subsuelo como medio de intercambio para el evaporador y el subsuelo se enfría.

- **Refrigeración y calefacción simultáneas** (siendo más importante la calefacción) Modo de funcionamiento “source as load”, es decir, en este caso se utiliza la carga como fuente. Cuando la carga principal del edificio es calefacción, el condensador de las bombas de calor se hace cargo de la demanda, pero si hay demanda simultánea de frío, el frío del evaporador es utilizado para alimentar los tubos del circuito de refrigeración. De la diferencia se hace cargo el intercambiador geotérmico
- **Refrigeración y calefacción simultáneas** (siendo más importante la refrigeración) en el caso opuesto, el modo refrigeración es la carga principal y el calor del condensador generado en la producción de frío es utilizado en los tubos del sistema de calefacción para otras zonas del edificio o para precalentar el ACS

Un Programador inteligente, conectado al Sistema de Gestión Técnica, gobierna y optimiza el funcionamiento de los equipos, incluyendo además el cálculo de las energías cedidas y tomadas del subsuelo para conocer las variaciones de temperatura que a lo largo de los años pueda sufrir el terreno por causa de este intercambio térmico, y controla la producción de energía del sistema para mantener este incremento dentro de unos límites equilibrados .

El loop geotérmico

Que el sistema de Bombas de Calor Geotérmicas funcione correctamente dependerá del buen diseño del intercambiador con el subsuelo, el cual puede diseñarse de diferentes maneras, según sea la superficie disponible. En la mayoría de aplicaciones de elevada potencia se recurre a pozos profundos, que pueden normalmente superar los 100m , en los que se dispone un loop cerrado de tubería de polietileno ,rellenando los pozos con bentonita para favorecer la transmisión térmica. Deben equilibrarse los circuitos hidráulicos para una óptima operación de un flujo turbulento .

Para poder dimensionar correctamente el campo geotérmico, profundidad y separación de pozos, y poder simular su capacidad y potencia de intercambio, es preciso realizar un test en campo mediante un pozo de prueba.

La información de la hidrogeología del solar donde se ubica el Hospital de Mollet se ha obtenido a través de investigación in situ a cargo de Termoterra, Agosto 2007, con sondeo exploratorio y ERT (Ensayo de respuesta térmica). Los modernos equipos de la ErWärmeNetz , firma alemana asociada a Termoterra, y el empleo de su técnica de lodos poliméricos, permitieron completar el sondeo de prueba hasta 146 m

La información relevante de la zona está resumida en los siguientes datos

Tipo de suelo

Suelo detrítico

Nivel piezométrico 16 m

Temperatura media del suelo 14, °C

Conductividad térmica media 1,93 W/m.°K

Potencia de difusión térmica 60w/m

Columna litológica

0 a 70-72 m: Arcilla, arena fina, limosa, de compacidad media a alta

70 a 72 m: Nivel de aguas subterráneas confinadas

70 a 150 m: Nivel de gravas muy finas arenosas, ligeramente arcilloso.

El diámetro del sondeo fue de 122mm. La sonda geotérmica introducida fue de bucle sencillo en forma de U, de tubería de PE de 40 mm de diámetro y 3,7 mm de espesor, tipo PEHD 100 SDR 11. Para la inyección se utilizó Thermokontakt.

A partir de 75 m de profundidad la conductividad es mucho mayor porque el terreno (acuífero con gravas finas y arenas) está completamente saturado de agua.

Una vez conocida la geología del terreno y los resultados del sondeo de prueba se ha determinado que la profundidad óptima teórica de los pozos es de 146 m. Se han aprovechado al máximo los espacios para perforar los pozos. Los programas de simulación del intercambio han permitido confirmar que con 20.000 m de pozos perforados (40.000 m de tubería enterrada) puede obtenerse una potencia del orden de los 1.200 kW a disposición de las Bombas de Calor.

El loop del intercambiador geotérmico está constituido por 144 pozos de 146 m de profundidad y 122 mm de diámetro, separados entre sí por 5 m. Dentro de los pozos circulan dos tuberías de PE de 40 mm de diámetro, siendo compactadas con el terreno mediante bentonita inyectada y arena , que favorezca la transmisión térmica entre el agua que circula y el subsuelo.

Los pozos están agrupados en grupos de 36. Para cada grupo se han instalado unos colectores registrables a los cuales convergen las correspondientes tuberías , equipados con válvulas reguladoras de caudal para un perfecto equilibrado y control de los circuitos.

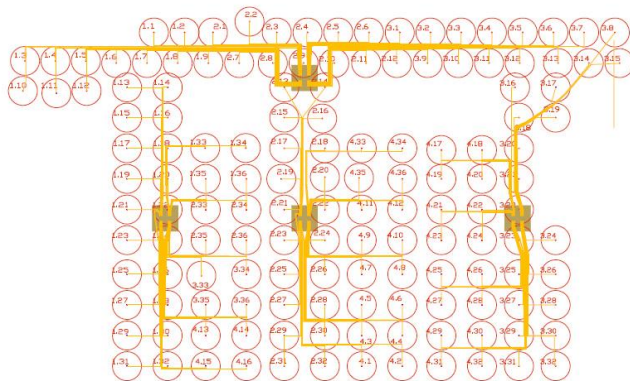


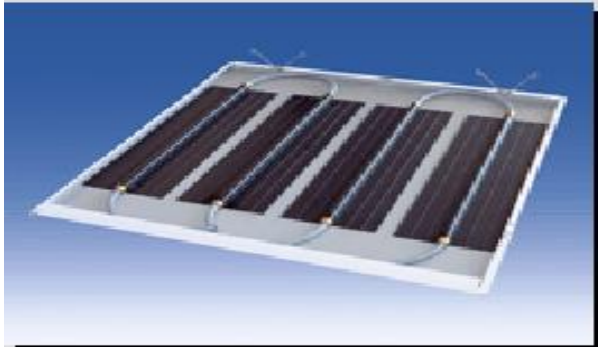
Figura 2 -Campo geotérmico. Distribución de pozos y colectores

Los techos radiantes /Bienestar de pacientes y ocupantes

El diseño arquitectónico, la luz natural , vistas al exterior, la privacidad, la accesibilidad y la facilidad de comunicación, la señalización clara, los materiales de construcción, mobiliario y decoración, son fundamentales para conseguir un ambiente acogedor y agradable para pacientes y personal asistencial, tal como se ha expuesto en el apartado del diseño arquitectónico.

La Ingeniería del proyecto aporta también su grano de arena a este objetivo, mediante unas instalaciones técnicas de calidad, **reducción del ruido, climatización confortable y control personalizado de las condiciones de confort.**

Siguiendo estos objetivos, deseamos resaltar la aplicación de techos radiantes como alternativa preferente en determinados espacios del hospital, para combatir las cargas térmicas sensibles de frío y calor. El objetivo es por un lado conseguir un mejor confort por la uniformidad de temperaturas proporcionadas por una gran superficie radiante a temperaturas moderadas, inferiores a 30°C en calor y superiores a 18°C en frío, así como por la reducción del volumen de aire en movimiento. Por otro lado tenemos la ventaja que supone la eliminación de los fancoils y sus problemas de



mantenimiento y consumo. Un fancoil mal mantenido puede tener efectos adversos en la calidad del aire ambiental. Confort, ambiente sano y eficiencia energética son los tres objetivos básicos del sistema

**Figura 3 Placa de techo radiante
Giacomini**

Los techos radiantes se hacen cargo del calor sensible tal como hemos apuntado, pero el calor latente debido a las personas ocupantes, será eliminado por el aire primario de ventilación. Cuando los volúmenes de ventilación son muy altos, sea por el elevado número de personas ocupantes, sea por otras razones técnicas, el acondicionamiento del local podrá ser atendido en su totalidad por el aire acondicionado, y entonces prescindiremos de la radiación, pero hay muchas áreas del hospital en que los techos radiantes, para calor y frío, con el complemento del aire primario, serán la solución escogida, (en las habitaciones de hospitalización, consultas externas, gabinetes de exploración, hospital de día, diálisis, oficinas, y dormitorios médicos.)

El sistema es parte integrante de los objetivos de eficiencia energética, con ahorros de energía que pueden obtenerse de:

Consumos eléctricos de los fancoils o de las UTA para mover aire destinado a acondicionamiento de los locales. Tengamos en cuenta que si en el hospital el aire en movimiento representa 6,5 vol. / hora, solamente un 40 % de este aire está destinado a satisfacer las necesidades de ventilación.

Consumos eléctricos en los equipos productores de energía térmica.

Las temperaturas moderadas de producción del agua fría (18°C) y del agua caliente (35°C) permiten un COP muy elevado de los equipos productores de energía térmica. En el caso de las BC geotérmicas, puede hablarse de frío directo por medio del fluido geotérmico, cuando sus condiciones térmicas lo permitan, sin intervención del compresor,

Estrategias de ahorro energético - sistema de gestión técnica del edificio

Una vez tenemos los diseños, equipos y sistemas, capaces de dar un alto rendimiento energético, es cuestión de gobernarlos inteligentemente con estrategias varias que optimicen su operación y ahorren energía eficazmente.

Los conocidos Sistemas de Gestión Técnica de Edificios, consisten en un control y monitorización automatizada de las instalaciones, con el objetivo, entre otros, de conseguir una operación inteligente que use la energía solamente cuando es necesaria y en la cantidad justa que se precisa. Ello se aplica a los Sistemas de

Climatización, a las Instalaciones eléctricas y otros sistemas técnicos, obteniendo mejoras importantes en la Fiabilidad de funcionamiento, Ahorro de Energía y Eficiencia del Mantenimiento

El sistema estará integrado en la red informática del hospital en forma que sea accesible desde cualquier PC conectado a la LAN.

Dentro de sus muchas prestaciones, este control inteligente se ejercerá en particular sobre la producción de agua caliente y enfriada, coordinando las prioridades de operación de los sistemas y equipos en función de los datos adquiridos de temperatura por los sensores instalados. Asimismo asumirá la gestión de las condiciones de las zonas con techo radiante y también ajustará la operación de las unidades de tratamiento de aire,

El Sistema de Gestión integrará programadores inteligentes de campo, entre ellos los que controlan la operación secuencial de las Bombas de Calor geotérmicas, y sus modos de funcionamiento en forma inteligente.

El software incorpora gráficos y esquemas vivos en tiempo real , comunicaciones con los PLC, visualización y en su caso gestión de alarmas de los varios sistemas electromecánicos, controles horarios y optimización de operaciones, programas de optimización energética, registros históricos, gráficos para análisis, cálculos , programas de mantenimiento , y un gran etc que hace de estos sistemas una herramienta de gestión de la que no es fácil prescindir en nuestros días

En particular se va a dedicar una especial atención al registro y análisis de los parámetros fundamentales oportunos para conocer los consumos energéticos y los rendimientos de los sistemas , analizando su evolución histórica con informes periódicos. Para ello se prevén los necesarios equipos de medida de :

Aportación de Energía térmica de las BC para precalentamiento de ACS
Aportación de Energía térmica de las Calderas para ACS

Aportación de Energía térmica de las BC para calefacción
Aportación de Energía térmica de las calderas para calefacción

Aportación de Energía térmica de las BC para producir agua enfriada AF
Aportación de Energía térmica de los chillers para producir agua enfriada AF

Aportación del fluido geotérmico para enfriamiento directo del techo radiante

Consumo eléctrico de las BC
Consumo eléctrico de los chillers
Consumo eléctrico de las bombas del loop geotérmico
Consumo eléctrico de las bombas de recirculación de ACS
Consumo eléctrico de las bombas de recirculación para climatización
Consumo de Gas Natural en calderas

Simulación de consumos

Las simulaciones hay que considerarlas como estimaciones más o menos ajustadas que adolecen de simplificaciones inevitables . Los resultados en cifras absolutas tienen un limitado nivel de confianza, pero son útiles para establecer comparaciones y tomar

decisiones en base a hipótesis razonables. Son en todo caso producto de estimaciones conservadoras que guardan un significativo coeficiente de seguridad. Los datos registrados por el Sistema de Gestión Técnica permitirán ajustar la tabla de valores simulados a los valores reales.

En la tabla numérica que sigue hemos reproducido el perfil de demanda de energía térmica del Hospital de Mollet y cómo se pretende satisfacer mediante los sistemas de las Bombas de Calor, con la contribución en puntas de demanda de los equipos que calificamos como complementarios. Simulamos también cómo el subsuelo absorbe y cede calor equilibradamente en la operación de las Bombas de Calor y cómo la eficiencia aumenta cuando en épocas intermedias el sistema aprovecha energías simultáneas de signo opuesto para optimizar su COP. En términos generales podemos adelantar que el objetivo es que **el 70% del consumo sea satisfecho por el sistema geotérmico y solamente el 30% reste confiado a la producción complementaria de calderas y compresores tradicionales.**

La demanda de ACS es un valor conocido por datos estadísticos de los hospitales que la han medido, y se sitúa en el orden de los 140 a 150 litros por cama y día. Conocidas las temperaturas del agua de aportación en cada mes del año, el cálculo de la energía necesaria para elevar esta temperatura a 60 °C es una operación elemental. El 50% de esta energía se obtendrá por un precalentamiento hasta 40°C a cargo del Sistema de Bombas de Calor, mientras que las calderas se ocuparán de elevar la temperatura a los niveles de seguridad especificados para su distribución.

El consumo en calefacción y refrigeración depende de la demanda de la potencia instalada, la cual se ha calculado en función de los aislamientos mejorados y otras especificaciones del Proyecto de Arquitectura y de los grados-día correspondientes de la región que se conocen estadísticamente. Pero hay comportamientos en el perfil de consumos y de ocupación del Hospital que añaden variables específicas cuyo peso es importante. Por ello acostumbramos además a usar datos empíricos, fruto de la experiencia y la observación, que aporten índices tales como el número de horas equivalentes a plena carga (HEPC) para cada mes del año.

Las cifras que se han inscrito en las columnas de los consumos de calefacción corresponden a 1200 HEPC mientras que los de refrigeración corresponden a 1500 HEPC

Se ha estimado en la columna correspondiente, frío directo, la alimentación de parte de la carga frigorífica del techo radiante usando directamente, mediante un intercambiador, la temperatura del fluido geotérmico.

En épocas intermedias gran parte de la energía se obtiene por compensación entre demandas simultáneas de signo opuesto usando en las Bombas de Calor la carga como fuente y viceversa con escasa intervención del subsuelo. Son los datos estimados en las columnas de frío y calor simultáneo.

La diferencia, en puntas de demanda, se ha tabulado como producción complementaria a cargo de calderas y chillers (30%).

En épocas intermedias hay que tener en cuenta además la aportación del *free cooling* del aire exterior que en muchas ocasiones será suficiente en las unidades de tratamiento de aire, que lo incorporan, para una climatización todavía más eficiente

El intercambiador geotérmico absorbe y cede calor como fuente, procurándose controlar un equilibrio a nivel anual para que la temperatura del subsuelo no aumente con el paso del tiempo, y así lo hemos reflejado en las columnas correspondientes, si bien en nuestra opinión, la alta difusividad que proporciona el acuífero de las cotas inferiores de los pozos añade una mayor seguridad de estabilidad en la temperatura

del subsuelo ,que en definitiva es la temperatura de intercambio de la que el Sistema de Bombas de Calor depende como fuente principal de energía

Valors en kWhèrmics

	demanda				energía del subsuelo		sistema de bombas de calor			subproducto gratis		Producció complementaria	
	global	ACS	calefaccio	global	como fuente	absorbe	frio	compresores de las GHP	frio	calor	Producció complementaria		
	frio			calor	cede calor		directo	condensa 45°	evapora 7	simultaneo	simultaneo	calderas	chillers
Gener	10500	46598	631021	677619		421500		421500		10500			256119
Febrer	18450	41750	500851	542601		391350		391350		18450			151251
Març	85615	44629	315592	360221		198030	12842	198030		85615			162191
Abril	159747	41556	138399	179955			29347	79950	75000	55400	59500		16000
Maig	537936	40691	75161	115852		319500	80690		292396		75161		16000 164850
Juny	737885	32353	0	32353		414225	95683		381542		16000		16000 260660
Juliol	996140	36659	0	36659		460425	88750		403117		16000		16000 504273
Agost	996140	30217	0	30217		463100	88750		390350		16000		16000 517040
Septembr	537936	34932	0	34932		301300	44360		297687		16000		16000 195889
Octubre	159747	32869	89912	122781			29347	79950	75000	55400	59500		16000
Novembre	18450	40830	380166	420996		391350		391350		18450			29646
Desembre	10500	45285	619425	664710		421250		421250		10500			243460
TOTALS	4269047	468369	2750527	3218896		1958550	469770		1983380	1915092	254315	258161	954667 1642713

Figura 4 – Simulación de demandas y consumos

El Proyecto es pionero en su aplicación a grandes edificios sanitarios y sus resultados y rendimientos serán seguidos muy de cerca, acopiando datos a través del Sistema Técnico de Gestión, que servirán para evaluar rendimientos y rentabilidades, a tener en cuenta en futuras aplicaciones.

Para analizar la rentabilidad del diferencial de inversión partimos de una hipótesis de potencias y consumos que hemos evaluado como un promedio de datos conocidos de hospitales existentes, de un nivel de calidad medio aceptable, 100% climatizados por aire , enfriadoras standard y calefacción por calderas, cuyos datos hemos cifrado en la columna definida como **standard**, datos que comparamos con las cifras que hemos obtenido de la anterior simulación y que resumimos en la columna **proyecto**.

CONSUMOS ELÉCTRICOS

Concepto	Potencia kW		Consumo anual kWh	
	standard	proyecto	standard	proyecto
Alumbrado	250	250	990.000	890.000
Ventilación	300	250	1.040.000	900.000
Equipos edificio	750	750	965.000	965.000
Refrigeración chillers	1.000	750	2.005.000	700.000
Refrigeración (B. C.)				500.000
Calefacción (B.C.)				500.000
Total electricidad	2300	2000	5.000.000	4.455.000

Notas :

La potencia en alumbrado se respeta en las dos alternativas, pero el consumo es inferior en el Proyecto por la incidencia de la luz natural y las estrategias de ahorro en iluminación
 Los consumos en ventilación son también inferiores por el ajuste de la ventilación en las zonas con techo radiante, donde además se ha prescindido del consumo de los fancoils
 Finalmente y a pesar de que las bombas de calor asumen tanto refrigeración como calefacción , su alto rendimiento (ver cuadro de consumos figura 4) permite ahorrar energía eléctrica
 Como resultado final el consumo eléctrico será 500.000 kWh inferior al que se obtendría de un edificio standard

CONSUMOS TÉRMICOS

Concepto	Potencia kWt		Consumo anual kWth	
	standard	proyecto	standard	proyecto
Calefacción	2.000	1.800	3.500.000	2.750.000
Agua caliente sanitaria	200	200	465.000	465.000
Total cargas térmicas	2.200	2.000	3.965.000	3.215.000
70% BC /30% calderas				
Gas Natural en calderas			4.500.000	1.100.000
Bombas de Calor*				2.200.000

Notas:

La potencia y consumos (cargas térmicas) en calefacción son muy inferiores a los de un edificio standard gracias a los aislamientos mejorados que se han previsto en Proyecto. Las bombas de Cañor asumen el 70% de la demanda térmica por lo que hay un considerable ahorro en consumo de Gas Natural para cubrir puntas con las calderas

Como resumen podemos concluir que hay una disminución de potencias instaladas por la mejor eficiencia de los equipos en general pero sobre todo hay una reducción de consumos en casi todos los conceptos en que hemos incidido. Especialmente la diferencia se nota en la reducción de consumos en climatización tanto eléctricos (500.000 kWh) como térmicos (reducción de consumo en calderas de 350.000 m3 de Gas Natural).

El ahorro global se puede cifrar razonadamente en más del 30% de la energía como resultado de la aplicación del conjunto de equipos y estrategias de optimización energética, equivalente en nuestro caso a pasar de una factura del orden de los 700.000 euros anuales a menos de 500.000 , lo cual permitirá amortizar la importante inversión diferencial en eficiencia energética en un período de orden de los 8 años al precio actual de la energía.