

Incorporación de Sistemas de Producción de Agua caliente y Climatización, Mediante Bomba de Calor de Intercambio Geotérmico en Edificios Preexistentes y de Nueva Construcción en Áreas Urbanas Consolidadas. Rehabilitación, Sostenibilidad y Geotermia.

Jose Fernández Álvarez. ICCP. FERNANDEZ MOLINA OBRAS Y SERVICIOS, S.A.

Cuesta de San Vicente 4, 7º. 28008 Madrid. jfernandez@fernandezmolina.com

Resumen: La aplicación, en los edificios que se rehabilitan, de principios orientados a la mejora del aprovechamiento bioclimático pasivo y, en paralelo, la incorporación de sistemas integrados de captación de energías renovables, como es el caso del intercambio geotérmico superficial, y medios eficientes para la producción de agua para climatización o usos sanitarios, supone una acción doblemente sostenible ya que permite la reutilización efectiva de un enorme volumen de edificación existente y su dotación con sistemas de captación y producción eficientes orientados a la reducción del consumo y la calidad ambiental. Los sistemas de climatización y producción de agua caliente sanitaria, fundamentados en el uso de bombas de calor de intercambio geotérmico, se implantan en los edificios y en los espacios libres de nuestros cascos urbanos en condiciones especiales de interacción con el entorno construido, disponibilidad de espacio, e integración con los sistemas constructivos y las redes de instalaciones existentes. Frecuentemente se aprovecha la oportunidad de la construcción de dotaciones subterráneas en los edificios, por ejemplo aparcamientos, para ejecutar la instalación de intercambio geotérmico. Para resolver la implantación en tan especiales condiciones se recurre a estudios previos, geotécnicos y geofísicos que caracterizan en detalle el potencial geotérmico de cada ubicación, al uso combinado de distintos tipos de intercambiador geotérmico, verticales, integrados en las pantallas e integrados los pilotes de cimentación y en las soleras, y a un completo y especializado repertorio de procedimientos técnicos y constructivos para su ejecución. Sobre todo ello se presentan dos casos reales, el primero sobre la construcción en el barrio de Tetuán de Madrid de un edificio de viviendas con intercambio geotérmico aplicado a calefacción, refrigeración y ACS y, el segundo, sobre la rehabilitación de un edificio de oficinas con criterios bioclimáticos y aplicación del intercambio geotérmico a la climatización.

Palabras clave: Rehabilitación, sostenibilidad, geotermia.

1.- BASES CONCEPTUALES DE LA APLICACIÓN DE LOS SISTEMAS GEOTÉRMICOS EN LOS PROCESOS DE REHABILITACION

El desarrollo de conceptos y soluciones tecnológicas orientadas por criterios de sostenibilidad, se ha plasmado en los últimos años en un extenso desarrollo de sistemas integrados de nueva edificación dotados de dispositivos pasivos y activos para el aprovechamiento de la energía procedente del medio.

Nos consta, sin embargo, que las extensísimas áreas ya edificadas y consolidadas de nuestras ciudades tienen un enorme potencial de regeneración, rehabilitación, y revitalización, a distintas escalas urbanas y arquitectónicas, que podría reducir muy significativamente el volumen de nueva edificación, en pro de un desarrollo realmente sostenible, que frene la actual tendencia a un crecimiento geométricamente acelerado, voraz consumidor y destructor de espacio y recursos materiales naturales.

Recuperar, regenerar, rehabilitar y reutilizar es en términos generales más sostenible que demoler y desechar lo existente para construir nuevos edificios, por muy energéticamente eficientes que estos sean. Entre el 60 y el 80% de la masa construida de un edificio de viviendas u oficinas se recupera en un proceso de rehabilitación integral, lo que supone un enorme ahorro de recursos, energía y reducción de emisiones en procesos de extracción y elaboración de materiales, transporte, construcción, demolición y reciclado. Si, además, somos capaces de aportar funcionalidad a estas viejas estructuras, aplicar criterios de eficiencia térmica y aprovechamiento bioclimático pasivo en

su rehabilitación, e integrar modernos sistemas orientados a la captación de energías renovables a la eficiencia en el consumo de energía y la gestión inteligente del conjunto; estaremos cerrando un ciclo sostenible de rehabilitación.

La incorporación de dispositivos de captación de energía procedente de fuentes de energía renovables a los edificios de los cascos consolidados presenta dificultades evidentes. En primer lugar nos encontramos en entornos artificiales, donde la incidencia del sol o el aire sobre los edificios está completamente alterada por los colindantes, en segundo lugar la morfología de los cascos consolidados determina factores de forma de los edificios y una proporción entre las partes expuestas al sol y las no expuestas que limita extraordinariamente la captación solar pasiva, en tercer lugar, la propia normativa urbanística supone con frecuencia una limitación a la instalación de estos dispositivos en cubiertas y fachadas del casco urbano. La captación solar pasiva para la producción de agua caliente, que es, en este sentido, el primer recurso a incorporar a los edificios, con carácter obligatorio, si nos atenemos a la normativa municipal y al propio Código Técnico de la Edificación, no es una alternativa plena, ya que su rendimiento depende de la incidencia directa del sol, que permita suprimir los sistemas de producción convencionales basados en el consumo de combustibles fósiles y está muy limitada en su aplicación a edificios existentes por problemas de orientación, sombras y espacio disponible. En rehabilitación se puede incorporar la captación solar como fuente de un aporte complementario de energía, pero si buscamos una fuente estable capaz de reducir o eliminar la generación convencional debemos recurrir al intercambio energético con el terreno.

El intercambio geotérmico se plantea como fuente de energía renovable, estable a lo largo de todo el año y en cualquier condición climatológica, y puede ser utilizado asociado a dispositivos de captación solar térmica para eliminar la necesidad de utilizar en los edificios sistemas convencionales de producción de energía con combustibles fósiles. Su aplicación en los procesos de rehabilitación es conceptualmente impecable, pues propicia el intercambio con un medio estable, con el que todos los edificios están en contacto y elimina la necesidad de instalar dispositivos de captación sobre los edificios y, en gran medida, los condicionantes de espacio, orientación o entorno.

La implantación de sistemas de captación geotérmica en procesos de rehabilitación o construcción en zonas urbanas está también condicionada por factores de espacio y entorno, pero normalmente ligados las condiciones de ejecución de las obras de construcción de los intercambiadores que son instalaciones subterráneas, perforadas y/o enterradas. Determinar con precisión estas condiciones y conocer los procedimientos técnicos y constructivos que las resuelven son las claves de la aplicación práctica de los sistemas geotérmicos en rehabilitación.

2.- CONDICIONES PARA LA IMPLANTACIÓN DE SISTEMAS DE INTERCAMBIO GEOTÉRMICO CON APLICACIÓN A BOMBAS DE CALOR PARA LA CLIMATIZACIÓN Y LA PRODUCCIÓN DE ACS EN ÁREAS URBANAS CONSOLIDADAS

En un entorno urbano o en una rehabilitación la ejecución de los intercambiadores es la parte más compleja del proceso de construcción de una instalación geotérmica. Condicionada por factores relativos al emplazamiento, en mayor medida que una instalación convencional en el proyecto y ejecución de los sistemas de intercambio geotérmico se valoran especialmente:

- Las condiciones de acceso a los locales o espacios libres, solares o patios, de los edificios en los que se va a ejecutar el intercambiador. La decisión sobre el tipo de intercambiador a ejecutar está muy condicionada por la viabilidad técnica y económica de su ejecución y ésta depende en gran medida de la disponibilidad de maquinaria y método de trabajo adecuados a espacios restringidos. Muchas veces la maquinaria debe ser introducida en la zona de trabajo utilizando grúas u otros medios mecánicos y en la mayoría de los casos accederá a través de pasos de dimensiones ajustadas. Esto supone ya una preselección de los medios de ejecución que orienta las soluciones técnicas y condiciona su rendimiento.
- El espacio disponible, dimensiones y altura, para la operación de la maquinaria de perforación y bombeo, acota la selección de equipos y maquinaria y orienta las soluciones de proyecto. En este tipo de obras los tiempos de ejecución están claramente afectados por el grado de disponibilidad de espacio de trabajo y maniobra, por la organización del tajo, en el que hay que disponer de medios fijos como balsas para lodos y bombas y maquinaria móvil de perforación, y por la capacidad de simultanear los trabajos de construcción de los intercambiadores con los de otros capítulos de la obra.
- Las dimensiones y geometría del espacio disponible para la instalación de intercambiadores, van a determinar la profundidad de los intercambiadores y el interés de combinar sistemas profundos de más alto rendimiento y coste con sistemas superficiales más económicos y menos eficientes.
- Las condiciones de la edificación y los espacios colindantes, deben ser estudiadas y consideradas ya que pueden suponer limitaciones al aprovechamiento geotérmico, sobre todo si éste se plantea con soluciones superficiales.
- Las condiciones y características mecánicas y térmicas del terreno, determinan las profundidades y distancias de interacción de los intercambiadores verticales y también la necesidad de maquinaria y equipos específicos para perforación, estabilización y relleno de los intercambiadores.
- La integración de los intercambiadores con los sistemas de cimentación e instalaciones de los edificios. En muchos casos la oportunidad de ejecutar una instalación de intercambio geotérmico está asociada a un proceso de rehabilitación integral, a la renovación de los sistemas generales de un edificio o a la construcción de una infraestructura de aparcamiento para un edificio. La construcción de la red de intercambiadores verticales, aislados o integrados en las cimentaciones coincide en el tiempo y en un espacio restringido con la construcción de los sistemas estructurales, las infraestructuras y las redes de instalaciones del edificio y por tanto la definición de un plan bien coordinado de ejecución es un factor que orienta la solución a ejecutar.

- El planteamiento general de la instalación térmica del edificio que se dota con intercambiadores geotérmicos, el tipo de instalación de intercambio térmico con el espacio habitable que se plantea, la posible interacción con equipos de captación y difusión o acumulación de energía, han de ser contemplados en el diseño de la red de intercambiadores porque determinan las necesidades, su rentabilidad y la viabilidad de la instalación.

3.- PROCEDIMIENTOS TÉCNICOS Y CONSTRUCTIVOS

El factor clave en estas implantaciones es la disponibilidad de espacio para la ejecución de los intercambiadores geotérmicos. En intervenciones en casco urbano trabajamos en la práctica totalidad de los casos con intercambiadores verticales, ya sean perforaciones aisladas distancias entre 5 y 6 metros o intercambiadores integrados en las cimentaciones del edificio, pantallas de pilotes o muros pantalla. Complementariamente se obtiene un rendimiento adicional utilizando también las soleras del edificio como intercambiador horizontal. El coste, las condiciones de ejecución y el rendimiento de cada tipo de intercambiador son distintos, pero, en términos generales, un proyecto equilibrado planteará la combinación de sistemas más ajustada a las condiciones de ejecución, a la optimización de los costes y al máximo rendimiento.

El proyecto del sistema de intercambio geotérmico se encuadra en el planteamiento general de la instalación térmica del edificio. Un proyecto geotérmico bien planteado incidirá en la interacción con otros sistemas de captación de energía renovable para el calentamiento de agua o de aire, aprovechará la capacidad inercial de acumular, emitir y absorber energía de la masa del edificio y, adecuadamente gestionado y controlado, interactuará con sistemas convencionales de generación térmica para minimizar consumos, costes y emisiones. En un proceso de rehabilitación muchos de estos factores dependen de las características preexistentes del edificio y, por otro lado, las características y rendimiento de los intercambiadores geotérmicos están, como hemos visto, muy condicionadas por factores previos del edificio y del entorno. Por lo tanto el proyecto geotérmico en rehabilitación se resuelve en un equilibrio muy condicionado y con unos márgenes muy ajustados en rendimiento y costes, lo que requiere seguir una metodología de trabajo estricta en el análisis, evaluación, proyecto, organización y construcción.

Los hitos técnicos y constructivos en el proceso de evaluación, proyecto y construcción son:

- Caracterización del terreno mediante estudios geotécnicos y geofísicos. Se trata de una fase de estudios imprescindible para determinar las características mecánicas y la composición que son los datos de partida para evaluar la solución, el procedimiento de ejecución y el coste de los intercambiadores.
- Evaluación del rendimiento potencial de la red de intercambio mediante ensayos de respuesta térmica del terreno para disponer de datos precisos para el cálculo del rendimiento y el dimensionado de la instalación de intercambio
- Diseño de la red de intercambiadores. Cálculo y simulación mediante software especializado de la red de intercambiadores geotérmicos definiendo completamente las características de las sondas geotérmicas, del material de relleno, diámetros, profundidades, longitud del intercambiador y agrupación de intercambiadores.
- Proyecto de ejecución y organización del proceso constructivo de la red de intercambiadores. Determinación detallada del proceso de perforación, estabilización de perforaciones, introducción de sondas geotérmicas y relleno de los intercambiadores, en el proyecto se coordinarán los trazados y tendidos de la red horizontal de colectores con el resto de sistemas y redes de instalaciones del edificio y se estudiará el proceso secuencial de ejecución de los mismos, simultáneo y coordinado con la ejecución del resto de las partidas de obra con las que coincide. La planificación de estas operaciones supone un significativo ahorro de tiempo de ejecución y de costes que, en caso contrario, encarecerían la instalación de intercambio

geotérmico. En obras de rehabilitación o en solares de dimensiones reducidas el factor de ahorro de tiempo de ejecución por organización es muy importante en el balance final e costes.

- Selección de maquinaria para la ejecución. La maquinaria de perforación y bombeo debe ser específicamente seleccionada para las condiciones de acceso y maniobrabilidad de cada obra, para el tipo de terreno y la profundidad de trabajo específicos de cada proyecto. Sabemos que la disponer de la maquinaria adecuada en obras con escaso espacio condiciones de ejecución complejas supone un importante factor de optimización del proceso de construcción.
- Ejecución secuencial de la red de intercambio geotérmico. Tras un replanteo preciso de todos los sistemas que se superponen en el plano de trabajo de las perforaciones de los intercambiadores, se preparan las balsas que recogen los lodos y el agua de la perforación. La recogida de líquidos y lodos debe ser muy bien estudiada porque se puede convertir con mucha facilidad en una fuente de molestias y obstrucción al correcto desarrollo de la obra. Se perforan los intercambiadores y acto seguido y con la menor dilación se introducen las sondas geotérmicas, y se rellena el intercambiador.



Ejecución de intercambiadores geotérmicos e infraestructuras del edificio en casco antiguo

Es muy importante considerar que este tipo de trabajos de construcción se desarrollan tanto en solares de reducidas dimensiones como en patios y espacios libres anexos a los edificios o dentro de ellos, como en las plantas bajas y los sótanos de los propios edificios. En ocasiones asociadas a la construcción de un aparcamiento convencional o mecánico, cuyos muros y losas se utilizan como cimentaciones activas, en otros casos se ejecutan intercambiadores verticales aislados y en algunos proyectos se combinan ambas opciones para optimizar el aprovechamiento geotérmico y el rendimiento de la instalación

4.- BALANCE ENERGÉTICO, DE EMISIONES Y ECONÓMICO.

Nuestra experiencia en la ejecución de instalaciones geotérmicas en Madrid nos ha demostrado que, en interacción con sistemas de captación solar para el calentamiento de agua, o paneles de captación de radiación solar para el calentamiento de aire, la implantación de sistemas de calentamiento de agua y climatización por intercambio con bomba de calor geotérmica permiten evitar la instalación de sistemas convencionales, calderas y bombas de calor aire/aire, con la consiguiente eliminación del consumo de combustibles fósiles, multiplicando por dos o por tres la eficiencia de los sistemas de refrigeración.

Las reducciones de consumo energético que se derivan de la utilización de estos sistemas y su aplicación a calefacción y refrigeración suponen, en estos conceptos, entre el 40 y el 60% respecto al de sistemas convencionales. La reducción de emisiones es proporcional a la reducción del consumo energético.

Los plazos de amortización de una instalación de climatización mediante bomba de calor geotérmica oscilan en función del coste de ejecución de los intercambiadores. Las instalaciones que se realizan en edificios existentes, o en rehabilitación o en solares urbanos son más costosas porque también lo son las obras de ejecución de los intercambiadores geotérmicos. Los plazos de amortización de una instalación de este tipo oscilan entre los 6 años que corresponden a intercambiadores integrados en las cimentaciones, muros y soleras, y los 10 años que corresponden a intercambiadores verticales aislados con profundidades entre 80 y 120 metros. El plazo medio de amortización de una instalación con intercambiadores verticales es de 7,5 años.

5.- CASOS PRÁCTICOS

Edificio mixto dotacional y de viviendas con garaje mecánico semiautomático en la calle de las Margaritas nº 52, Barrio de Tetuan, Madrid

El edificio de Margaritas 52 es el primer caso de edificio residencial colectivo con instalación e climatización geotérmica de Madrid y uno de los primeros de España. Está destinado a un uso mixto que incluye: 33 apartamentos para usuarios jóvenes que desarrollan en ellos su primera experiencia residencial emancipada, cuarenta y cuatro plazas de aparcamiento semiautomático para residentes e instalaciones para los servicios municipales de limpieza. Promovido por la EMVS de Madrid, el edificio supone una propuesta innovadora de tipología residencial con apartamentos de un único espacio flexible, doble orientación, ventilación cruzada e iluminación natural, y bloque compacto de servicios. Mediante la utilización de un sistema mecánico de aparcamiento se consigue una reducción importante del volumen construido, del consumo de energía durante el ciclo de vida y de las emisiones de gases de efecto invernadero. Las fachadas, ventiladas, incluyen dispositivos pasivos para el control de la incidencia solar sobre las ventanas en las orientaciones sur y oeste, y galerías interiores cubiertas hacia norte y este.

El edificio está dotado de un sistema que integra la captación solar pasiva mediante paneles y la bomba de calor geotérmica, para la calefacción y la refrigeración de las viviendas y, las oficinas y los vestuarios de las instalaciones municipales de limpieza. La instalación de intercambio geotérmico esta resuelta con 24 intercambiadores verticales, a seis metros de distancia entre ellos y de 75 metros de profundidad que, en grupos de seis, alimentan cuatro bombas de calor geotérmicas de ciclo reversible para la producción de frío o calor. El sistema interior de climatización es suelo radiante en baja temperatura en todas las dependencias climatizadas y en las viviendas, y con él se resuelve tanto la calefacción como la refrigeración por refrescamiento del edificio. No hay calderas ni ningún dispositivo de apoyo que consuma combustibles fósiles.

En el proceso de ejecución, sobre un solar de 752 m² en planta, fue determinante la coordinación de la construcción de los intercambiadores con la del resto de las instalaciones y sistemas del sótano del edificio. Los ensayos realizados sobre las primeras perforaciones permitieron, además, ajustar los parámetros del resto optimizando el rendimiento y el plazo de ejecución.



Esquema del sistema de producción térmica y vista general seccionada del edificio

Rehabilitación de edificio de oficinas con garaje mecánico semiautomático en Apolonio Morales. Madrid.

Este caso es un modelo de intervención en la rehabilitación de un edificio de oficinas de 750 m² de superficie en una zona residencial y de oficinas de alto nivel en Madrid. Construido en 1989 el edificio acusaba una obsolescencia total en sus sistemas de climatización y era muy deficiente en su relación con el medio, aprovechamiento pasivo, aislamiento e impacto ambiental.

Se ha actuado eliminando todos los sistemas de instalaciones, divisiones interiores, fachadas y cerramientos y conservando al 95% la estructura y la cubierta del edificio para replantearlo un edificio contemporáneo, dotado de mecanismos de control, solar para el máximo aprovechamiento bioclimático pasivo, sistemas de climatización que combinan el uso de bombas de calor geotérmicas, captadores de radiación solar para el calentamiento de aire, sistemas inerciales de acumulación o absorción de energía asociados al uso de la masa de los forjados y del suelo radiante en todo el edificio.

Se ha previsto un sistema de producción térmica basado en bombas de calor de intercambio geotérmico que permiten realizar un intercambio térmico con el terreno como foco caliente-frío aprovechando de éste la estabilidad de temperaturas a lo largo de todo el año y a una profundidad de 80 m. Para ello se dispone de 6 perforaciones de 80 metros de profundidad separadas entre sí 5 metros para optimizar el intercambio geotérmico. Complementariamente se realiza una instalación de intercambio en los pilotes del aparcamiento mecánico y en la solera del mismo. El conjunto, asociado a la producción de aire caliente solar, cubre el 100% de las necesidades frigoríficas y caloríficas del edificio.

Se prevé un funcionamiento del edificio tal que se aproveche la inercia de su masa estructural durante la noche para evitar en todo momento el empleo de la bomba de calor auxiliar y aprovechar al máximo las bondades del sistema de intercambio geotérmico.

En verano, durante el periodo nocturno las bombas de calor geotérmicas funcionarán para enfriar los forjados de manera que el edificio al día siguiente se encuentre preenfriado y de esta manera se corten los picos de potencia reduciendo las necesidades de uso de la bomba de calor aire-agua.

En invierno durante el periodo nocturno las bombas de calor geotérmicas funcionarán para mantener calor en los forjados y evitar picos de arranque por la mañana siguiente. Calidad de aire interior.

Se ha considerado un sistema para renovación de aire a través de cuatro unidades climatizadoras ubicada en la cubierta del edificio, estas unidades de tratamiento de aire podrán emplear el aire calentado por una batería de paneles captadores de radiación que calientan el aire de aportación.

El conjunto de los sistemas del edificio esta bajo el control de un sistema inteligente de gestión integral que recibe señales abiertas de un campo de sensores y las facilita a los dispositivos específicos de control de cada sistema.

