



Received: 03-07-2015
Accepted: 25-07-2015

Modelo de actuación para la mejora de la eficiencia energética en la Rehabilitación Integral de un palacete protegido para oficinas de la Administración en Madrid. Geotermia y estructuras termoactivas.

Type of action to improve energy efficiency in the full renovation of a small palace protected Administration office in Madrid. Geothermal and thermoactive structures.

de Pereda Fernández, Luis

INITEC Industrial Técnicas Reunidas CO. (Spain, r.morales.s@trsa.es)

Resumen—En este trabajo se realiza un estudio sobre el fondo de la cuestión de la técnica aplicada a la mejora de la eficiencia. Con este punto de partida podemos profundizar en las claves en el uso de los recursos para la eficiencia energética y concretarlas en un modelo de actuación que ilustra una aproximación sistémica al campo del aprovechamiento de la energía, y que reintegra a la edificación su valor intrínseco como medio eficiente de gestión de la energía y su transformación.

Palabras clave— Eficiencia energética; rehabilitación; geotermia.

Abstract- This paper presents a study on the substance of the matter of the technique applied to improving efficiency is performed. With this starting point we can deepen the keys in the use of resources for energy efficiency and achieve them in a role model illustrating a systemic approach to the field of energy efficiency, and reintegrated into the building its intrinsic value as efficient means of energy management and processing.

Index Terms— Energy efficiency; rehabilitation; geothermal.

I. INTRODUCCIÓN

EL CONTEXTO general latinoamericano es el de un territorio bendecido con enormes cantidades de recursos naturales, y un enorme potencial de aplicación, y esto es así en todos los planos en los que se gestiona el uso de recursos naturales aplicables al desarrollo humano, incluido el plano

Luis de Pereda Fernández. es Arquitecto y director de proyectos de la empresa ENERES, C/ Apolonio Morales, 29 28036 Madrid. (e-mail: luisdepereda@eneres.es).

energético, que contempla todas las fuentes naturales de recursos energéticos fósiles, renovables y bioclimáticos, y su transformación eficiente de manera distribuida en un territorio amplísimo.

Sin embargo la realidad de la gestión y la distribución de los recursos básicos, incluyendo la energía, en la mayoría de los países latinoamericanos es la de la sobreadministración y el infragobierno, la centralización y la no distribución, el desequilibrio, la injusticia territorial y la fractura social. Sin pretender entrar en las causas de estos fenómenos, si podemos

apuntar a sus consecuencias, la sobreconcentración urbana y la tugurización, el despoblamiento del territorio, la precariedad, el descontento y la violencia social, la inestabilidad, y la inseguridad.

Esta distorsión de las estructuras básicas de desarrollo económico y social, afecta a todos los planos de la gestión de los recursos básicos: alimentación, agua, salud, educación, energía, movilidad, trabajo, justicia, cultura, ... y se pone más en evidencia ahora que la mayoría de los países del ámbito Latinoamericano experimentan un crecimiento sostenido sobre unas estructuras políticas, administrativas, territoriales, urbanas, económicas y sociales, que chirrían en cada fase de desarrollo, pidiendo a gritos una acción de reequilibrio distributivo, equipamiento territorial, potenciación de los recursos locales, descentralización y potenciación de la capacidad de gobierno en todos los niveles institucionales y todos los ámbitos territoriales, implementación de estrategias eficientes de gestión de los recursos, seguimiento y acompañamiento permanente para garantizar la eficiencia.

Confiamos en el extraordinario capital humano y material que existe en Latinoamérica, y en la creciente evidencia de la necesidad de implementar políticas de reequilibrio, para que los recursos que emergen en este ciclo económico favorable contribuyan a la auto organización, y la sostenibilidad. Confiamos en suma en la gestión inteligente y lógica de los recursos, que son de titularidad transitoria de los ciudadanos y de responsabilidad permanente de la sociedad.

En España sufrimos las consecuencias de una pésima gestión de los recursos comunes durante una década de supuesta prosperidad, fundamentada en el despilfarro de recursos básicos de titularidad colectiva puestos a disposición de agentes fácticos y destructores por las instituciones responsables de su custodia. En cualquier ecosistema natural tanta inviabilidad y tan ilógico proceso hubiese llevado, sin piedad, a la eliminación espontánea de los agentes responsables y a la transformación radical del sistema, desafortunadamente no es el caso y España tardará décadas en recuperarse y regenerarse. La destrucción de recursos y la generación de desequilibrio de esta década de prosperidad española, ha tarado de manera indefectible todas las políticas nacionales, incluyendo la energética, y aunque, cada vez más, las reglas del juego europeo marcan los objetivos y los caminos a seguir, la pervivencia de los mismos agentes fácticos pervierte y subvierte las acciones de eficiencia redoblando el desperdicio de recursos comunes, ante el conformismo de una sociedad atocinada. Un modelo del que aprender, y a no seguir.

Ya es tradición que en los flujos de España a América, desde el Renacimiento, hasta la fecha, pasando por el Siglo de Oro, el siglo XIX y la post Guerra Civil, hayan viajado juntos lo mejor y lo peor de nuestro país. Antes eran la cruz, la espada y la viruela, hoy la codicia, la autosatisfacción y la

prepotencia, pero también un flujo de experiencia europea, aclimatado en España que puede ser de utilidad y aplicación para desarrollar los modelos locales Latinoamericanos, porque todo lo dicho es directamente aplicable al ámbito de la energía.

Presentamos a continuación una actuación en Madrid, que es producto de nuestra experiencia española y europea. Una intervención que rehabilita integralmente la condición y capacidad energética de un edificio antiguo y protegido. En la que la clave de la eficiencia energética no está tanto en la tecnología como en la identificación y puesta en juego de todos los recursos variables del entorno y del propio edificio, mediante estrategias específicamente concebidas para el equilibrio dinámico el uso de la energía y la sostenibilidad.

II. PRINCIPIOS Y CONCEPTOS DE PARTIDA

A finales del año 2008, la empresa Fernandez Molina Obras y Servicios, adjudicataria de la obra de rehabilitación integral de un palacete protegido de principios de siglo XX, para adecuarlo como sede en el centro de Madrid de un organismo de la Administración de Estado, y el equipo de ENERES Sistemas Energéticos Sostenibles, abordan, como paso previo a la ejecución, un análisis crítico del proyecto de rehabilitación del edificio, con el objetivo de identificar el potencial de mejora de la eficiencia del edificio.

Se trataba de un proyecto muy cuidadosamente redactado en sus aspectos arquitectónicos y constructivos, al que se acoplaba un proyecto de instalaciones realizado según los cánones conceptuales de la Ingeniería de Instalaciones que han dominado y dominan la concepción de los sistemas de climatización en los últimos 60 años. Entre ambas partes del proyecto quedaba un amplio campo inexplorado relativo al potencial bioclimático del edificio, a las mejoras de su envolvente, a la identificación de recursos energéticos renovables o recuperables, a la implementación de estrategias de adecuación dinámica del edificio a escenarios de eficiencia, al almacenamiento de recursos energéticos y la operación y gestión orientados a la eficiencia. En suma, una concepción arquitectónica al margen del plano energético de la Arquitectura, y una concepción de la climatización al margen del potencial energético del medio arquitectónico. Un desacoplamiento entre los planos constructivo y formal, y el plano energético en la concepción del edificio, en el que identificamos muchas e importantes oportunidades de mejora.

La rehabilitación energética de un edificio no es sino uno más de las múltiples dimensiones de actuación que integran un proceso de recuperación funcional y operativa, que es lo que entendemos por rehabilitación integral. En ese sentido, como ejecutores de una rehabilitación consideramos al edificio rehabilitado como el instrumento de la prestación de un servicio, no como un producto de la acción constructiva. Este

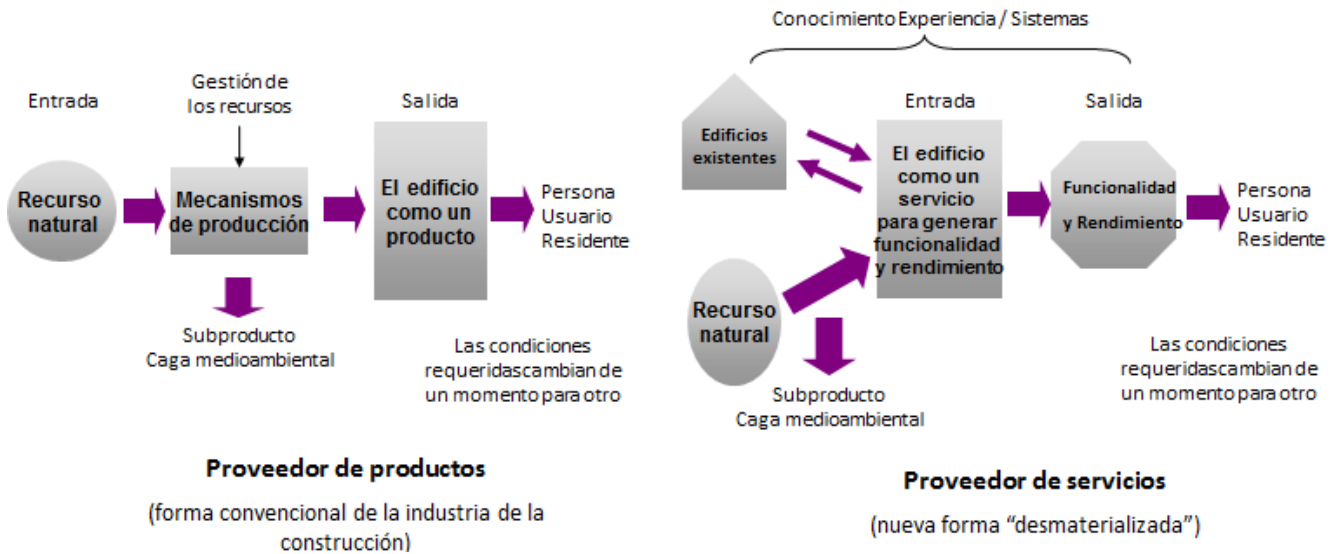


Fig. 1. El edificio como un servicio. Prof. Dr. Niklaus Kohlert. Karlsruhe Institut of Technology (KIT). Nantes julio 2012.

enfoque del edificio como servicio orienta el de nuestra actividad, más allá del periodo de construcción hacia todas las acciones y fases del ciclo de vida del edificio, y, como servicio, a la interacción dinámica con el entorno y las personas, y a la capacidad de adecuación permanente y dinámica, a los cambios.

En el caso de nuestro Palacete, las características de la envolvente, la concepción muy masiva de la estructura en el proyecto arquitectónico, la buena exposición al medio y el amplio campo de interacción bioclimática del edificio, la interacción con el terreno a través de importantes cuerpos enterrados de edificación, la disponibilidad de recursos energéticos renovables, y la posibilidad de implementar un sistema de información, control y gestión integrado, apuntaban claramente a un potencial enorme de mejora del confort y las condiciones ambientales, de ahorro energético y de reducción de costes operativos.

La vía que llevaba a desarrollar este potencial de mejora no era tecnológica, ni consistía en la "rehabilitación de las instalaciones" (sorprendente concepto hoy en auge) sino que se trataba de un cambio sustancial de la concepción energética del edificio, hacia una concepción integrada de todos los elementos implicados en la interacción térmica con los usuarios y el medio, y una actuación que va implicando primero los campos determinantes en la reducción de la demanda, bioclimatismo, envolvente, tratamiento y renovación del aire, que sigue por la selección de recursos equilibrados con el medio y con las fuentes energéticas disponibles de menor coste e impacto para la climatización, el transporte y el almacenamiento de la energía, y sólo al final actúa sobre los recursos tecnológicos en la generación y transformación de energía primaria.

Es precisamente el seguir este orden y esta lógica de actuación, lo que garantiza también la viabilidad económica de las inversiones que permiten conseguir la eficiencia. Las actuaciones orientadas a la reducción de la demanda y la selección de sistemas de transferencia térmica con rangos energéticos adecuados a la interacción radiante con los usuarios y a la utilización de recursos gratuitos o recuperables de bajo coste. Así se reduce muy significativamente, aproximadamente a un tercio en nuestro edificio, la demanda de energía a cubrir por los dispositivos técnicos de generación a partir de recursos primarios.

Lejos de la apreciación general de que un edificio eficiente es necesariamente más caro que uno que no lo es, la aplicación de la lógica y la integración de todos los recursos de captación, almacenamiento, transferencia y gestión de la energía en su flujo a través del edificio y en interacción con los usuarios, bajo un sistema de información y control, supone, como ha sucedido en el caso de la rehabilitación de este edificio, un coste equivalente o inferior al de los sistemas tradicionales de climatización, niveles superiores de confort y salubridad y costes muy inferiores de mantenimiento.

Conviene en este punto hacer una pequeña reflexión sobre los conceptos que subyacen en la concepción de sistemas de climatización en los procesos de rehabilitación integral.

A medida que la consciencia y la preocupación sobre el uso de la energía y la degradación ambiental aumentan, nuestra atención se orienta hacia los edificios, su tecnología y las consecuencias de su funcionamiento. Nuestra actividad rehabilitadora se focaliza hacia la concepción de sistemas de transformación y gestión de la energía, orientados a obtención de la máxima eficiencia y la minimización de los impactos, pero también nos preguntamos, y consideramos un objetivo central de nuestra acción rehabilitadora resolver dos

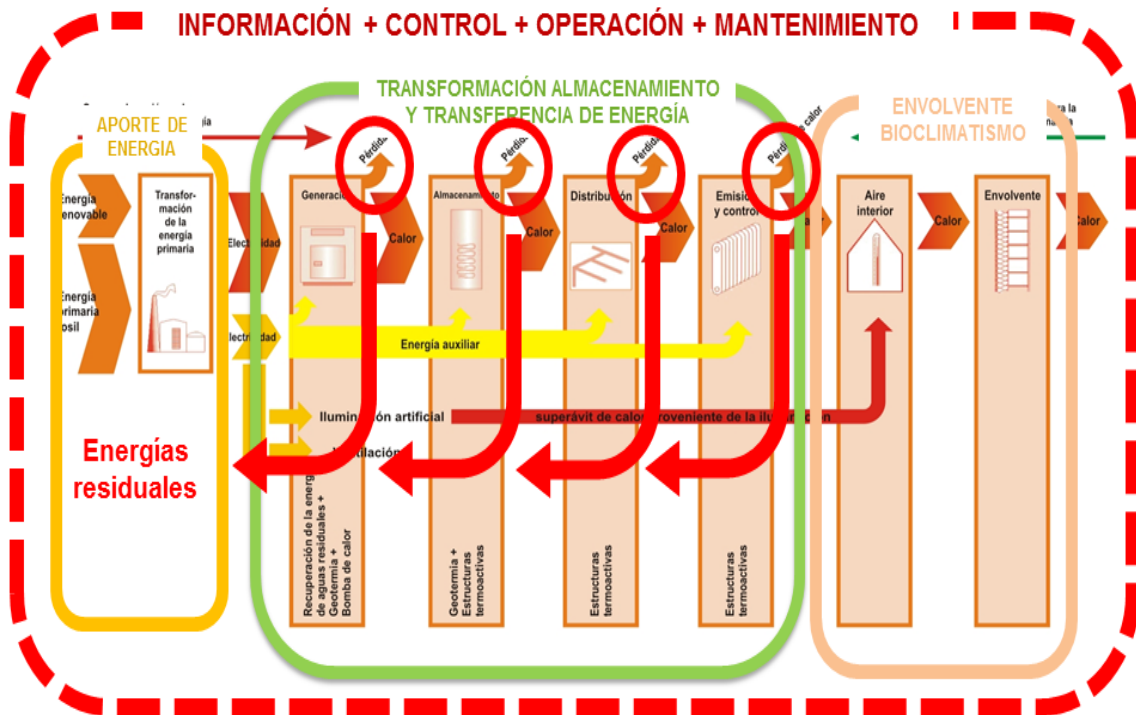


Fig. 2. Incorporación de energías renovables y residuales a sistemas eficientes de climatización, en un edificio eficiente en su envolvente, bajo un sistema integrado a través de la gestión de la información, la operación, el mantenimiento y el control.

cuestiones fundamentales: ¿Cuáles son las necesidades humanas que tenemos que satisfacer? ¿Cuál es la técnica óptima para satisfacer estas necesidades?

Nuestra preocupación no está tanto en mejorar la eficiencia de la climatización de los espacios interiores como en gestionar con la máxima eficacia y eficiencia los intercambios térmicos del cuerpo humano, y en este punto tenemos que dejar claro que de todos los mecanismos de intercambio térmico del cuerpo humano, el menos efectivo y el más ineficiente es el que se produce mediante el contacto con el aire, estático o en movimiento a velocidad moderada, la convección, y, sin embargo, este es el mecanismo básico de la gran mayoría de los sistemas de climatización planteados en la rehabilitación de los edificios públicos y de uso administrativo. La concepción de estos sistemas convectivos tradicionales se fundamenta en la asunción operativa de que si la inercia térmica o “esponja entálpica” del ambiente que nos rodea es suficientemente amplia, cualquier variación del flujo térmico corporal o de la interacción del edificio con el medio exterior, puede ser absorbido y diluido en ella con facilidad. En este contexto, el cuerpo humano se considera una perturbación, o una carga más, dentro de un sistema cuyo objetivo primario es mantener un ambiente homogéneo y estático encapsulado en la envolvente del edificio.

Sin embargo el cuerpo humano es un sistema dinámico, y variable, y el mecanismo de transferencia térmica que domina en él por encima de cualquier otro, es el radiante. Y a pesar de

ello, en la mayoría de los edificios, como se planteaba en el nuestro, se presupone que el intercambio radiante entre el cuerpo y las superficies que lo rodean es irrelevante, en la medida en que la inercia térmica del aire es suficiente para mantener el equilibrio.

Integrar en los edificios sistemas radiantes no sólo permite una interacción directa entre el cuerpo y el edificio, sino que supone una reducción dramática de las cargas energéticas en la medida en que se ponen en juego medios alternativos como superficies, masa y fluidos, ya existentes o incorporables ven procesos de rehabilitación integral, en lugar del complicado proceso de mover grandes volúmenes de aire.

Luego, en nuestra acción rehabilitadora, el enfoque de la eficiencia energética en la climatización parte de aprovechar la oportunidad de diseñar y construir el medio térmico que el cuerpo humano percibe de manera activa, en lugar de considerar al individuo como un sujeto pasivo. Rompiendo definitivamente el paradigma de que el individuo está subordinado al edificio, e invirtiéndolo: el edificio está concebido para la interacción con el individuo.

En resumen, tres son los principios y conceptos básicos con los que este caso de rehabilitación integral es consecuente:

- La consideración de la rehabilitación como la acción que dota al edificio de capacidad de servicio, prestacional, a lo largo del su ciclo de vida. Lo que lleva decididamente a adoptar decisiones a favor de la eficiencia, el rendimiento y la calidad.

- La aplicación de una lógica de actuación que parte de las medidas y la aplicación de técnicas orientadas a la reducción de la demanda, y a continuación se apoya en la tecnología.
- La consideración del edificio como un medio concebido para la interacción con el individuo y con el entorno, y dotado por tanto con los recursos cualitativamente más adecuados para esa interacción y con capacidad reactiva para ajustarla en el tiempo a los escenarios de máxima eficiencia.



(a)



(b)

Fig. 3. Estado original, previo a la rehabilitación, de la envolvente exterior del edificio.

III. PROCESO DE REHABILITACIÓN INTEGRAL DEL EDIFICIO

La rehabilitación integral de este edificio, un palacete construido a principios del pasado siglo en el corazón del

barrio de Chamberí y con un alto grado de protección urbanística, ha sido promovida por su propietario, la Administración del Estado, Ministerio de Hacienda. Este caso es un modelo de rehabilitación para la eficiencia energética y el primer caso en nuestra región y en España de incorporación de un sistema integrado de climatización fundamentado en la captación geotérmica y la utilización de la estructura horizontal como dispositivo termoactivo de climatización, calefacción y refrigeración, en un edificio protegido rehabilitado.

Utilizado como edificio administrativo desde los años 40, el edificio había sido transformado y alterado a lo largo de los años, lo que planteaba la necesidad de recuperar sus valores arquitectónicos originales, y de dotarle de una funcionalidad contemporánea mediante una acción integral de rehabilitación. El alcance de la rehabilitación afectaba por tanto a todos sus sistemas básicos y permitía, dentro del marco de las acciones permitidas por el Ayuntamiento de Madrid, una actuación en cascada que va implementando sobre los distintas partes del sistema de transformación de la energía en el edificio, soluciones para la máxima eficiencia.

A. *Envolvente y tratamiento del aire*

A pesar de estar enclavado en una zona consolidada de la ciudad, y de ser más bajo que los edificios que lo rodean, el palacete tiene un alto grado de exposición solar. La fachada tiene una proporción aproximadamente del 50% entre vanos acristalados y paños ciegos, la cubierta amansardada tiene muy baja pendiente y prácticamente el 100% recibe radiación solar directa, el edificio tiene varios sótanos, de los cuales uno, profundo, aloja un sistema de aparcamiento mecánico, luego hay una superficie considerable de la envolvente en contacto directo con el terreno.

Las actuaciones en la envolvente se inician con la sustitución de las carpinterías, la resolución de la estanqueidad de fachadas y cubiertas, el aislamiento interior de las fachadas, el aislamiento exterior de las cubiertas, la resolución de la continuidad de la envolvente aislante, y, ante la imposibilidad normativa de actuar sobre los huecos para instalar dispositivos exteriores de control solar, se dota a las ventanas vidrios de baja emisividad y dispositivos interiores para el control de la radiación solar y la iluminación natural.

En contra de lo que se pudiese pensar, en un caso de rehabilitación de un edificio protegido de estas características, la envolvente nos permitió resolver un aspecto muy importante en la eficiencia energética en la renovación del aire y la ventilación del edificio, el pretratamiento térmico del aire de aportación desde el exterior.

En invierno, las fachadas del edificio no cuentan con un buen soleamiento, a causa de la altura de los edificios colindantes, pero la cubierta tiene un soleamiento total. La rehabilitación integral de la cubierta de zinc, la convierte en un



(a)



(b)

Fig. 4. Estado posterior a la rehabilitación, de la envolvente exterior del edificio.

dispositivo pasivo de precalentamiento de aire, la superficie metálica capta radiación solar en toda la cubierta y, a través de una cámara de aire integrada en la solución alistonada tradicional de la cubierta, y de unas aperturas de admisión en la parte inferior de los faldones, generar un volumen muy significativo de aire caliente que, a través de las unidades de tratamiento de aire se incorporan al edificio. Este precalentamiento gratuito de aire en invierno supone una reducción muy significativa de la potencia instalada a estos efectos.

Actuando contra los espacios enterrados del edificio, que por efecto de la interacción geotérmica mantienen en verano una temperatura muy inferior a la del aire exterior, se ha previsto un sistema de preenfriamiento del aire de renovación mediante la recirculación del mismo y el intercambio térmico con el aire del silo que aloja el sistema mecánico de aparcamiento lo que

consigue un sensible enfriamiento del aire que entra en la unidad de tratamiento para ser a su vez incorporado al edificio, con el correspondiente ahorro energético.

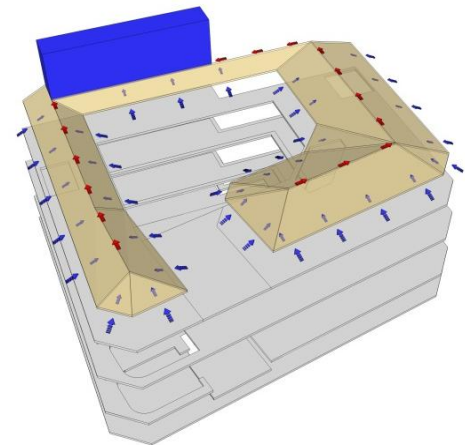
B. Climatización

El de este edificio es el primer caso en nuestro país de incorporación de un sistema de climatización fundamentado en la captación geotérmica y la utilización de la estructura horizontal del edificio como dispositivo termoactivo de climatización, calefacción y refrigeración, en un proceso de rehabilitación integral sobre un edificio protegido.

La incorporación de estos sistemas en un proceso de rehabilitación integral es enormemente coherente, no sólo con los objetivos de ahorro energético, que en este caso alcanzan el 75% de reducción de consumo respecto al proyecto de ejecución original, sino también desde el punto de vista de la



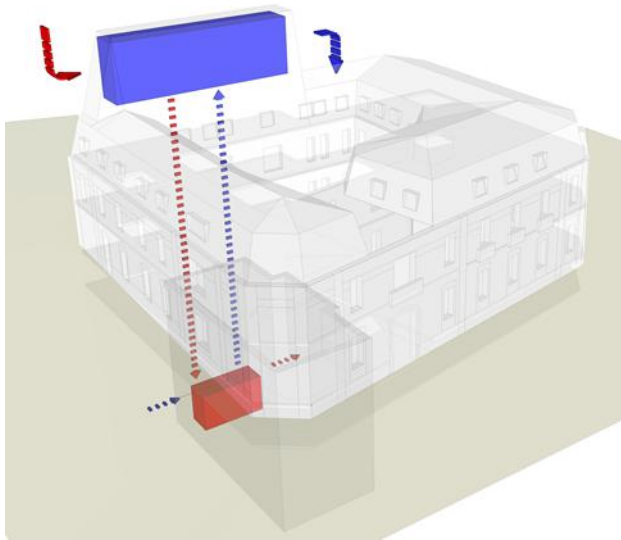
(a)



(b)

Fig. 5. Estado posterior a la rehabilitación de la envolvente exterior del edificio (a). Cubierta utilizada como dispositivo de pretratamiento solar del aire (b).

integración en el terreno y en la estructura del edificio de los dispositivos de intercambio y climatización, disminuyendo muy significativamente el impacto negativo de maquinaria, equipos y conductos sobre la arquitectura interior y exterior del edificio.



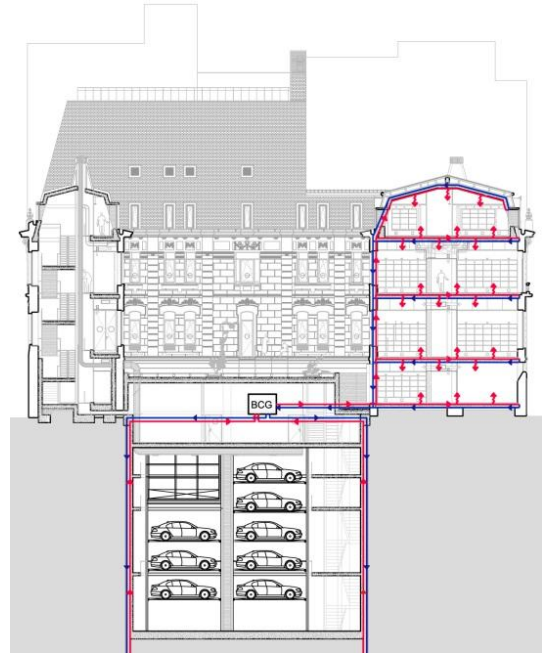
(a)



(b)

Fig. 6. Esquema del sistema de intercambio de energía para el preenfriamiento del aire de renovación (a) y vista del sótano destinado a alojar el aparcamiento mecánico (b).

La construcción de un sistema compacto de aparcamiento robotizado bajo una parte del edificio dio lugar a la construcción de una pantalla discontinua de pilotes de los que 45 unidades se activaron para ser utilizados como parte del intercambiador geotérmico. La otra parte del intercambiador geotérmico la constituyen 14 intercambiadores verticales de 150 m de profundidad.



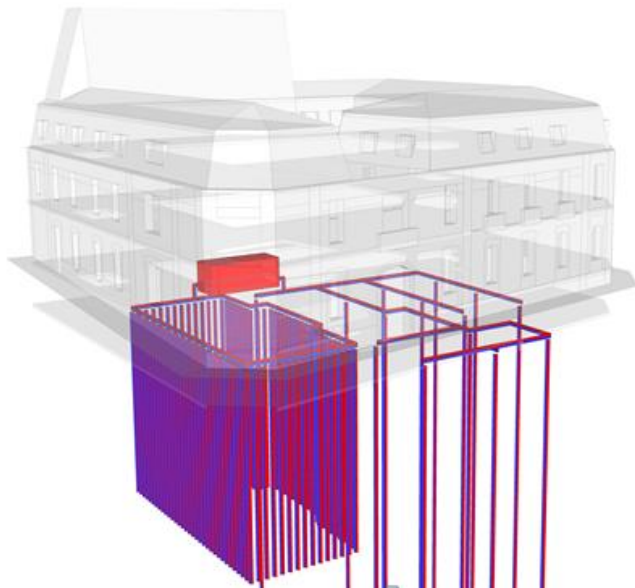
(a)



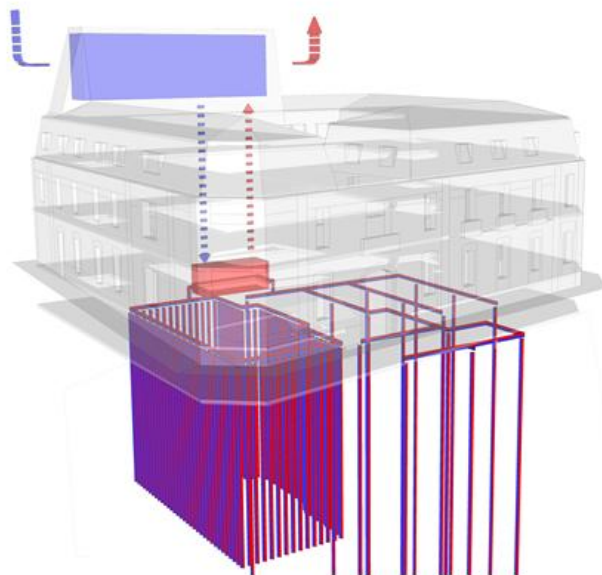
(b)

Fig. 7. (a) Esquema del sistema de intercambio de energía entre el edificio y el terreno a través de cimentaciones y estructuras termoactivas. (b) Vista del sótano destinado a alojar el aparcamiento mecánico.

Estudiado el equilibrio termodinámico entre el edificio en carga de uso, y el terreno, la capacidad del intercambiador resolvía el 100% de la demanda de energía para la calefacción del edificio, y el 70% de la demanda de energía para la refrigeración. La cobertura total en refrigeración se ha resuelto incorporando un sistema de inducción estacional del terreno que aprovecha el salto térmico día/noche entre los meses de marzo y junio para preenfriar el terreno y garantizar el 100%



(a)



(b)

Fig. 8. Intercambiador geotérmico integrado en las cimentaciones del aparcamiento del edificio (a), y mecanismo de inducción para el enfriamiento del terreno contra el aire exterior en los meses de primavera (b).

de la cobertura de la demanda de refrigeración en los meses de julio y agosto.

La ejecución del intercambiador mixto, pilotes termoactivos e intercambiadores verticales, respetando la estructura de los muros y los cerramientos del edificio protegido ha supuesto un reto en la selección de equipos, en la selección y puesta en obra de la maquinaria de perforación, en el desarrollo de procedimientos constructivos y en el diseño del intercambiador.

En la rehabilitación de este edificio, las condiciones determinantes de la viabilidad y del proceso de ejecución han sido, con la demanda energética, el uso del edificio, y las características geofísicas del terreno, uno de los factores con más peso en el diseño del intercambiador, y en este caso, la ejecución de pilotes y perforaciones dentro de la estructura del edificio protegido fue un reto superado con éxito.

El intercambiador geotérmico alimenta un grupo formado por dos bombas de calor geotérmicas con una potencia de 110 kW. Las bombas de calor, suministradas por la empresa SEDICAL, son dos THHEBY LT 290. Bombas de calor monobloque reversibles en el circuito frigorífico, condensadas por agua con refrigerante R410A.

Las unidades incluyen la lógica de regulación de adaptación patentada por Rhoss, Adaptive Function plus, permitiendo un óptimo confort en todas las condiciones de carga y las mejores prestaciones en términos de eficiencia energética durante el funcionamiento estacional. Este sistema garantiza en todo momento comodidad y ahorro energético, llegando a tener un ESEER+ (Rendimiento Medio Estacional Europeo con AF+) de 6,38. Durante los periodos interestacionales, el sistema aprovecha las temperaturas correspondientes a la máxima recarga y descarga térmica del terreno para actuar realizando refrigeración libre y calefacción libre, directas, por recirculación y sin aporte energético de las bombas de calor. La interacción con un sistema de climatización inercial que acumula enormes cantidades de energía a temperaturas moderadas permite obtener el máximo rendimiento, COP entre 4 y 4,5, de las bombas de calor geotérmicas y aprovechar al máximo los periodos de climatización libre por recirculación.

Como hemos comentado la rehabilitación integral del edificio incluye la reconstrucción de los forjados, muy deteriorados, sustituyéndolos por losas de hormigón visto. El hormigón visto tiene en este proyecto un importante papel arquitectónico, y da lugar a plantear que todas las losas sean termoactivas, lo que supone una masa termoactivada de entre 500 y 750 kg de masa termoactivada por m^2 de superficie habitable y un total de más de 2.000 toneladas de hormigón termoactivo en el edificio, cuyo potencial para ser el dispositivo acumulador, transmisor y absorbedor de energía, permite resolver la climatización del edificio, con gran confort radiante.

IV. CONCLUSIONES

La utilización de sistemas de captación geotérmica y termoactivos, asociada a otros recursos menores como la captación solar o el intercambio térmico en el sótano para el pretratamiento del aire de renovación, suponen aprovechar al máximo los recursos del medio y del propio edificio para gestionar con eficiencia la energía y permiten un ahorro energético, respecto a la solución convencional originalmente proyectada, del 75%. El ahorro en mantenimiento de la instalación se estima en un 60%, y ello se consigue gracias al bajo régimen de potencias, intensidades, velocidades y presiones con las que opera el sistema además de la reducción de cargas que supone dedicar el aire a ventilar y no a climatizar.

El sistema integrado aporta al edificio un alto grado de interactividad térmica directa y dinámica con los usuarios, alto grado de confort y salubridad y muy bajo impacto ambiental.

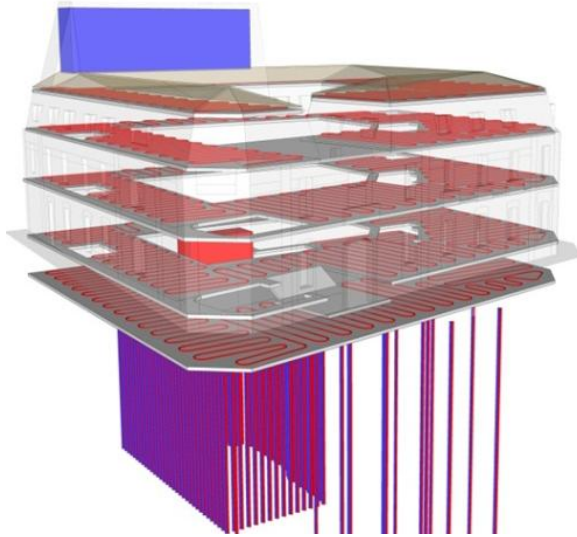
REFERENCES

Brañes, R. 2001. Informe sobre el desarrollo del derecho ambiental latinoamericano y su aplicación después de diez años de la Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo. México, D.F., PNUMA, ORPALC.

INIA (Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas, VE). 2005. Resultados Taller “Oportunidades y Desafíos de Investigación y Desarrollo Tecnológico para la Cooperación en el Manejo Sustentable de los Recursos Naturales (Suelos, Agua y Biodiversidad) en América Latina y el Caribe”. Maracay, VE, INIA-CENIAP. Enero.

Lubchenco, J. 1998. Entering the century of the environment: a new social contract for Science. *Science* 279: 491-497.

Winograd, M. 2004. *Propuesta para una agenda de investigación en tecnología y manejo integrado de recursos naturales*. CIAT, Programa de Uso de Tierras, FONTAGRO. 58 p.



(a)



(b)

Fig. 9. Esquema de la integración de los sistemas geotérmico de cimentaciones termoactivas y de climatización mediante losas termoactivas (a), y fotografía de la fase de ejecución de las losas termoactivas (b).