

ESTRATEGIAS BIOCLIMATICAS Y DISEÑO DE UN SISTEMA DE CALEFACCION SOLAR PARA UN EDIFICIO PUBLICO EN LA CIUDAD DE RIO CUARTO

Héctor Fabián Romero – fromero@ng.unrc.edu.ar

Maria Nidia Ziletti – mziletti@ing.unrc.edu.ar

Jorge Agustin Adaro – aadaro@ing.unrc.edu.ar

Javier Garnica – jgarnica@ing.unrc.edu.ar

Grupo de Energía Solar Facultad de Ingeniería Universidad Nacional de Río Cuarto, Argentina.

Resumen. Uno de los principales responsables de las modificaciones físicas, químicas y biológicas que el hombre realiza en su entorno natural, es el sistema energético, generado por las combustiones de sustancias como el carbón, el petróleo y gas natural. Por otro lado, el crecimiento en la población y la búsqueda de satisfacer mayores necesidades hace que la demanda de energía aumente constantemente. Aproximadamente un cuarto del consumo energético de la Argentina está destinado al uso residencial; por lo tanto, los esfuerzos en la búsqueda de diferentes estrategias que disminuyan el consumo de energía en las edificaciones, producirá un impacto positivo, tanto en el complicado sector eléctrico, como en el ambiente. En este trabajo, se presenta una alternativa de climatización por energía solar, en un grupo de oficinas de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional de Río Cuarto, la cual se encuentra en 33° 04' latitud sur, 64° 38' longitud oeste y a una altitud sobre el nivel promedio de 430 m. Con la premisa de optimizar los costos fijos y de funcionamiento, se sistematizan los pasos para la selección de los componentes de un sistema de calefacción con energía solar, en el marco del uso racional de la energía y en lo referente a: relación óptima entre áreas de paredes y de ventanas, uso de ventilación natural, inercia térmica, protección solar y calefacción. A modo de conclusión, se adopta y diseña un circuito de intercambio de calor agua-agua, donde una de las entradas es calefaccionada con energía solar. Para nuestra región, este sistema, además de optimizar el consumo, mejora los costos de funcionamiento energético de las unidades consideradas, lográndose una amortización de los equipos en menos de dos años. Por otro lado, el uso de una fuente renovable y sustentable, provee un importante beneficio en el cuidado ambiental

Palabras clave: Energía solar, arquitectura bioclimática, calefacción solar, eficiencia energética. Optimización.

1. Introducción

Discutir la situación energética de nuestros días, implica tener en cuenta la complejidad de la problemática ambiental como un reflejo y resultado de nuestra civilización occidental.

La actual crisis, entre otras cosas, está causada por el hombre en relación a sus formas de conocer, concebir y por ende de transformar el mundo. La crisis ambiental interpela el pensamiento y el entendimiento del mundo, la ciencia y la razón tecnológica con las que ha sido dominada la naturaleza.

Según Enrique Leff (1998) “el concepto de sustentabilidad emerge del reconocimiento de la función que cumple la naturaleza, como soporte, condición y potencial del proceso de producción”. Desde algunos marcos teóricos, la sustentabilidad pone límites al crecimiento económico, y a la irracionalidad del consumo y producción, valorizándose a la naturaleza en los diferentes debates políticos y económicos. Adherimos a los principios que sustentan que el desarrollo sostenible debe ser una manera de analizar el mundo; donde los profesionales involucrados en este tipo de crecimiento, estudien las interacciones de la economía, el ambiente, la política y la cultura, y cómo influyen en la prosperidad, la inclusión social y la sostenibilidad ambiental. Por lo mismo, en esta área del conocimiento, intervienen una amplia variedad de temas, entre ellos: desarrollo económico, educación, atención médica, cambio climático, sistemas energéticos, biodiversidad y urbanización.

Acordamos con lo expresado por Jeffrey Sachs (2014) acerca de que la degradación ambiental se manifiesta como un síntoma de una crisis de la civilización, y como una manera de detener este proceso deben desplegarse estrategias de eco-desarrollo que planteen nuevos estilos de crecimiento basados en las potencialidades de los ecosistemas y en el manejo prudente de los recursos.

De acuerdo con Chevez (2016) el sector residencial tiene fuerte incidencia en la demanda de energía total de la República Argentina. Para el año 2014, el requerimiento energético de este sector tuvo una participación del 25,7% en la matriz nacional (Ministerio de Energía, 2015). Esto indica que trabajar en el mejoramiento de la eficiencia energética de este sector posibilitaría alcanzar disminuciones considerables en la demanda. Entendemos que destinar esfuerzos a la disminución del consumo energético en las viviendas, aporta a un manejo prudente de los recursos y del cuidado del ambiente y por lo tanto, a la sustentabilidad. Reducir el consumo de energía en las edificaciones, producirá un impacto

positivo, tanto en el complicado sector eléctrico, como en el ambiente. Buscar optimizar los recursos energéticos en este sector, involucra decisiones de planeamiento urbano y edilicio.

Según lo planteado por Zeng et al. (2011), tradicionalmente, los arquitectos diseñan un edificio de acuerdo a las especificaciones del cliente respecto al espacio y a la funcionalidad y durante el proceso, rara vez, tienen en cuenta la eficiencia energética, aunque se dedica especial atención a la estética de la construcción. Se deja la tarea de hacer el edificio energéticamente eficiente a los profesionales especialistas en calefacción, ventilación y aire acondicionado. Es decir, que durante en este proceso, se busca principalmente lograr el confort energético de los habitantes sin preocuparse demasiado por la optimización energética enmarcada en una geografía particular.

En este trabajo proponemos realizar un estudio diferente, basándonos en lo establecido por Serra Florensa y Coch Roura (1995), donde a partir de las necesidades energéticas de una vivienda, uno de los propósitos sea disminuir el impacto negativo en el ambiente, considerando la existencia de factores que pueden ser de origen geográfico (latitud, hidrografía, topografía, etc.), biológicos (vegetación, etc.), tecnológicos (industria, edificación, vías de comunicación, etc.) y sociales (cultura, costumbres, etc.); estos factores son la causa por la cual el ambiente del lugar adopta sus características propias y además están relacionados; de modo tal que la variación de uno de ellos puede afectar los restantes.

Es necesario que las estrategias de diseño permitan un uso más efectivo de los recursos energéticos naturales presentes en el lugar donde se va implantar el proyecto. Ratti et al. (2003; 2005) expresan que el edificio es una entidad integrada estructuralmente, tanto desde el punto de vista funcional como ambiental; para ello la performance energética depende de la geometría urbana, del diseño del propio edificio, de la eficiencia de los sistemas y, fundamentalmente, del comportamiento de los ocupantes.

Para seguir este nuevo proceso, proponemos la aplicación de estrategias bioclimáticas, implementando la posibilidad de usar energía solar para suplir requerimientos referentes a calefacción. La estrategia desarrollada en este trabajo, no solo sirve como herramienta de diseño, sino que también, se puede utilizar para realizar análisis y mejoramientos de edificios ya existentes en la región de Río Cuarto.

2. Desarrollo del Trabajo

Como ya lo establecimos, en los procesos tradicionales una vez definido el diseño del edificio con su geometría y materiales se busca lograr el confort térmico de los ocupantes con la incorporación del equipamiento necesario.

En este trabajo, la etapa final es seleccionar el sistema de calefacción solar requerido utilizando el dato de calor necesario para lograr el confort térmico de las personas en la época invernal. Los datos de partida son: la información climática y la temperatura ambiental requerida en las oficinas, a partir de los cuales, un programa de optimización calcula la relación ventana – pared que minimiza los costos de funcionamiento. El balance de energía permite determinar las necesidades de calefacción en los meses de mayo, junio, julio y agosto, teniendo en cuenta los términos aportados por los sistemas pasivos que mejoran el funcionamiento térmico.

El desarrollo de pautas constructivas, que ayuden al ahorro de energía mediante el aprovechamiento de las condiciones ambientales del lugar, implica conocer donde se va a implantar el proyecto. En este caso se presenta un procedimiento para un grupo de oficinas del edificio de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional de Río Cuarto. Se tuvieron en cuenta las variables de la región, tales como temperatura, humedad, viento y radiación. La ciudad de Río Cuarto se encuentra en 33° 04' latitud sur, 64° 38' longitud oeste y a una altitud sobre el nivel promedio de 430 m. Según lo establecido por la Norma IRAM 11603 (1996), nuestra ciudad se encuentra en una región semiárida, de clima templado – cálido.

Para los cálculos se tomaron las oficinas orientadas al Norte y al Este; de este modo las paredes al Sur y al Oeste se consideran que no intercambian calor con el medio ya que con colindantes con espacios térmicamente similares. Debido al tipo de construcción, las paredes de las oficinas están constituidas de ladrillos intercalados con material aislante con un recubrimiento interior de paneles de fibras de madera aglomerada, dando como resultado un bajo coeficiente de transferencia de calor. Por otro lado, en relación a los aspectos constructivos, se adoptaron parámetros determinados en un trabajo anterior, Ziletti et al (2007), que optimiza los costos fijos y de funcionamiento, teniendo en cuenta los tipos de superficies opacas, la ventilación natural, la inercia térmica y el grado de ocupación. De este modo, se obtuvo la relación óptima entre las áreas de las aberturas y de las paredes; siendo los porcentajes de área de ventana en relación al área de pared de 45 % al Norte y 19 % al Este. Con estos datos y los climatológicos de nuestra región, se calcularon las necesidades energéticas de calefacción a partir de la ecuación (1):

$$Q_C = \sum_{i=1}^2 U_V A_{Vi} \Delta T + \sum_{i=1}^2 U_P A_{Pi} \Delta T + n_R V_L \delta_A C_{pA} \Delta T - n_O h_O - Q_{Rad} \quad (1)$$

Donde:

Q_C : Calor de calefacción, [W]

U_V : Coeficiente de transferencia de calor para un vidrio simple, [6 W/m² K]

A_{Vi} : Área de ventana según la orientación, [Norte: 27 m² ; Este: 2,85 m²]

U_p : Coeficiente de transferencia de calor para una pared de ladrillo 0,25 m de espesor con aislación y revestimiento interior, [0,0212 W/m² K]

A_{pi} : Área de pared según la orientación, [Norte: 33 m² ; Este: 12,15 m²]

n_R : Cantidad de renovaciones de aire del local por día, [9 renovaciones/día]

V_L : Volumen del local, [300 m³]

δ_A : Densidad del aire, [1,23 kg/m³]

C_{pA} : Calor específico del aire, [1007 j/kg K]

n_o : Número de persona que ocupan el recinto habitualmente, [5 personas]

h_o : Calor liberado por cada persona, [70 W/persona]

ΔT : Diferencia entre la temperatura interior y exterior, [19 °C]

Para resolver la ecuación (1), se necesita establecer el calor de radiación ganado por las ventanas Q_{Rad} , que depende de la irradiancia vertical global que es propia de cada región. Este calor de radiación es determinado por medio de la ecuación (2).

$$Q_{Rad} = \sum_{i=1}^2 A_{vi} \tau G_{OV} \quad (2)$$

Donde:

A_{vi} : Área de ventana según la orientación, [Norte: 27 m² ; Este: 2,85 m²]

τ : Transmitancia del vidrio, [0,86]

G_{OV} : Irradiancia vertical global para las distintas orientaciones; se calcula para la región de Rio Cuarto mediante un algoritmo que utiliza valores medios para cada mes del año promediando valores horarios, [Norte: 122,35 W/m² ; Este: 96,70 W/m²]

De la aplicación de las ecuaciones anteriores se obtiene que es necesario una potencia de calefacción de 2200 W.

En concordancia con nuestro convencimiento que las energías renovables son beneficiosas para el cuidado del ambiente, proponemos y diseñamos un sistema de calefacción que utiliza la radiación solar como fuente de energía calorífica.

3. Selección del sistema de calefacción

El sistema consta de tres grandes componentes: los radiadores para calefacción, un tanque de almacenamiento/intercambio y el colector solar. Un esquema del sistema propuesto puede ser visto en la Fig. 1.

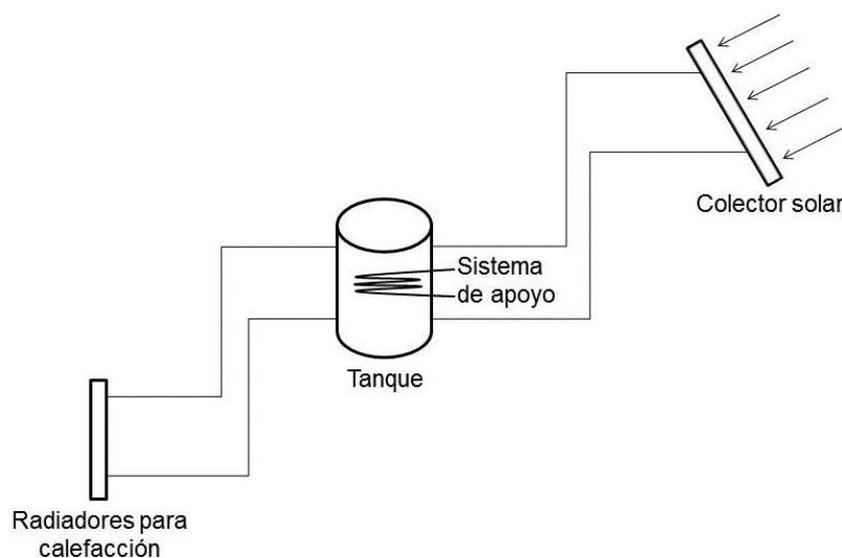


Figura 1 – Esquema del sistema propuesto para calefacción

El sistema de radiadores para calefacción adoptado a partir de los requerimientos, consta de tres juegos de cinco elementos cada uno distribuidos sobre la pared norte del recinto; cada juego provee 800 W de calefacción; un esquema de los juegos del sistema se puede ver en la Fig. 2. Cada uno de estos juegos requiere para su llenado de 4 lts de agua; si a eso le sumamos cañería, accesorios y el tanque, el sistema requiere 100 lts de agua tratada.

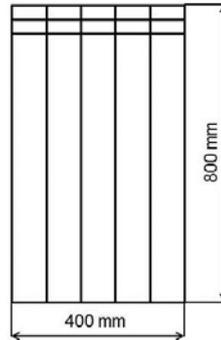


Figura 2 – Esquema del equipo radiador

Si bien de acuerdo a los datos climatológicos de nuestra región y de las experiencias realizadas, el agua que circula por el colector solar puede alcanzar una temperatura de 75 °C en días de máxima radiación solar, adoptamos como temperatura de diseño de los colectores 45 °C para evitar subdimensionar el equipo.

El salto de temperatura en la que opera el radiador es de 20 °C; aunque este equipo no tiene ninguna limitación de trabajo en cuanto a temperaturas de entrada y salida.

Con estos datos y los parámetros asumidos para lograr el confort humano en las oficinas, adoptar cada uno de los componentes del sistema es sencillo, ya que los fabricantes ofrecen las características técnicas de cada modelo; en particular, adoptamos 15 elementos, cada uno con una potencia de emisión de 160 W en condiciones de ensayo del fabricante.

Para calcular los m² de colector necesario, los datos experimentales para nuestra zona geográfica, indican que un m² de colector inclinado hacia el norte en un ángulo de 43° (se aplica el criterio de latitud + 10° por estar pensado para el período invernal) recibe 13 MJ/día de energía en promedio; asumiendo un rendimiento de todo el conjunto del 60 %, y un uso del sistema de calefacción que opera desde las 9 horas hasta las 17 horas, lapso de tiempo que coincide con la disponibilidad de energía solar; el área necesaria de colector, de acuerdo a la ecuación (3), es de 8,1 m². El conjunto del colector, incluyendo cañerías y accesorios requiere unos 250 lts de agua.

$$\frac{Q_C \Delta t k}{E_{RC} \cdot \eta} = \frac{2200 \frac{J}{s} \cdot 8 \frac{h}{dia} \cdot \frac{3600 s}{1 h} \cdot \frac{1 MJ}{1000000 J}}{13 \frac{MJ}{m^2 dia} \cdot 0,60} = 8,1 m^2 \quad (3)$$

Donde:

Q_C : Calor necesario para calefacción, [W]

Δt : Tiempo de calefacción, [h/dia]

k : Constantes para compatibilidad de unidades.

E_{RC} : Energía recibida por 1 m² de colector, [MJ/dia]

η : Rendimiento del equipo.

La metodología utilizada sistematiza un procedimiento para decidir el tipo y la dimensión de los equipos para un sistema de calefacción.

Este procedimiento si bien fue desarrollado para nuestra región y para un edificio en particular, puede ser extrapolado a otras construcciones y regiones. De hacerlo se deberá tener especial cuidado en considerar las variables climáticas propias del lugar, orientaciones de las ventanas y la optimización de la relación área de abertura – área de pared, ya que son factores que influyen fuertemente en los términos de la ganancia energética, disminuyendo así la potencia requerida para la calefacción.

4. Análisis y observaciones del procedimiento de diseño

La potencia requerida para la calefacción, que permite alcanzar las condiciones de confort deseadas en el interior de las oficinas a climatizar, se calculó utilizando la ecuación (1), dando como resultado un valor de 2200 W. En esta

ecuación la relación área de abertura – área de pared, fue calculada por un programa de optimización desarrollado anteriormente en el trabajo Ziletti et al (2007).

Tomando en cuenta los costos actuales de la energía en nuestra ciudad, frente a los costos de adquisición de los equipos y el ahorro en el costo de funcionamiento con el sistema propuesto, se calcula la amortización de la inversión inicial. En la tabla 1 se presentan los costos de los equipamientos en ambos sistemas. Se toma en cuenta el costo actual del gas (10 \$/m³), con un consumo del equipo radiador de 50 m³/mes, asumiendo la utilización del sistema 6 meses al año. De este modo es posible amortizar la inversión inicial en menos de dos años.

Tabla 1 – Comparación de costos de adquisición de un sistema tradicional de calefacción a gas frente al sistema de calefacción propuesto.

EQUIPAMIENTO	SISTEMA TRADICIONAL	SISTEMA DE CALEFACCIÓN PROPUESTO
Equipo radiador interior	\$ 6000	\$ 4000
Caños y accesorios	\$ 1960	\$ 1500
Tanque de agua	---	\$ 2500
Colector sola	---	\$ 6000
TOTAL	\$ 7960	\$ 14000

Los cálculos preliminares, que desarrollaremos en trabajos posteriores, indican que la entropía aportada por el funcionamiento de un edificio con implementaciones bioclimáticas, es menor que la del funcionamiento con fuentes tradicionales de energía. Por esto mismo, modificaciones sencillas en la orientación y tamaño de aberturas, selección de materiales, colocación de voladizos y otros elementos constructivos, tienen un importante efecto en el cuidado del ambiente, motivo por el cual proponemos que se los considere en las fases iniciales del diseño y en intervenciones a edificaciones existentes.

Si bien la selección de los equipos no presenta mayores complejidades, el trabajo incorpora una optimización de la relación área de ventana – área de pared y la utilización de datos climatológicos que pertenecen a nuestra región y que fueron tomados experimentalmente con equipamiento disponible a escala piloto.

5. Conclusiones

A modo de conclusión, se adopta y diseña un circuito de intercambio de calor agua-agua, donde una de las entradas es calefaccionada con energía solar. Este sistema, optimiza el consumo energético, lográndose una amortización de los equipos en menos de dos años. Por otro lado, el uso de una fuente renovable y sustentable, provee un importante beneficio en el cuidado ambiental. Remarcamos que la incorporación de un sencillo sistema de calefacción con energía solar, mejora los costos de funcionamiento energético de los recintos considerados.

La estrategia desarrollada en este trabajo, no solo sirve como herramienta de diseño, sino que también, se puede utilizar para realizar el análisis en intervenciones a edificaciones ya existentes.

Este procedimiento si bien fue desarrollado para nuestra región y para un edificio en particular, puede ser extrapolado a otras construcciones y regiones.

REFERENCIAS

- Chávez, P., Barbero, D., Martini, I., Discoli, C., 2016. Análisis de áreas homogéneas de consumo eléctrico residencial. Identificación de la incidencia de variables sociodemográficas y grados de consolidación. Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente, Vol. 20, pag. 01.01-01.12.
- Leff, E., 1998. Saber Ambiental. Siglo XXI Editores.
- Norma IRAM 11603, 1996. Acondicionamiento térmico de edificios. Clasificación bioambiental de la República Argentina. Instituto Argentino de Normalización y Certificación (IRAM).
- Ratti, C., Raydan, D., Steemers, K., 2003. Building form and environment performance: archetypes, analysis and an arid climate. Energy and Buildings. Vol 35, N° 1, pag 49-59.
- Ratti, C., Raydan, D., Steemers, K., 2005. Energy consumption and urban texture. Energy and Buildings. Vol 37, N° 7, pag 762-776.
- Sachs, J., 2014. La Era del desarrollo sostenible.
http://elpais.com/elpais/2014/01/12/planeta_futuro/1389522933_976919.html?rel=rosEP
- Serra Florensa, R. y Coch Roura, H., 1995. Arquitectura y Energía Natural. Ediciones de la Universidad Politécnica de Catalunya.
- Zeng, R., Wang, X., Di, H., Jiang, F., Zhang, Y., 2011. New concepts and approach for developing energy efficient buildings: Ideal specific heat for building internal thermal mass. Energy and Buildings. Vol 43, N° 5, pag. 1081-1090.
- Ziletti, M., Mendez, A., Pontin, M., Galimberti, P., 2007. 8vo Congreso Iberoamericano de Ingeniería Mecánica, Cuzco, Perú.

BIOCLIMATIC STRATEGIES AND HEATING SYSTEM DESIGN FOR A PUBLIC BUILDING IN RIO CUARTO CITY

Héctor Fabián Romero – fromero@ng.unrc.edu.ar

Maria Nidia Ziletti – mziletti@ing.unrc.edu.ar

Jorge Agustin Adaro – aadaro@ing.unrc.edu.ar

Javier Garnica – jgarnica@ing.unrc.edu.ar

Solar Energy Group, School of Engineering, National University of Rio Cuarto, Argentina.

***Abstract.** One of the main responsible agents for physical, chemical and biological changes made by human beings to their natural environment is the energetic system, produced by combustion of substances such as coal, oil and natural gas. On the other hand, population growth and the search for satisfying major needs make energy demand rise constantly. About one quarter of energetic consumption in Argentina is destined to residential use; thus, efforts to look for different strategies that diminish energy consumption in buildings is going to impact positively, both on the complicated electric sector and the environment. In this work, heating with solar energy is presented as an alternative for a group of offices at the School of Engineering of the National University of Rio Cuarto, located at 33° 04' South latitude, 64° 38' West longitude, and 430 m altitude over sea level. On the premise of optimizing fixed costs and operating costs, steps for selection of components of a solar energy heating system will be systematized, taking into account a reasonable use of energy, and the optimal relationship between wall and window surface areas, use of natural air circulation, thermal inertia, solar protection and heating. In conclusion, a circuit for exchanging heat, water-water is adopted and designed, in which one of the entrances is heated by solar energy. For our region, this system not only optimizes consumption, but also improves energy operating costs of the units considered, paying off equipment in less than two years. Besides, using a renewable and sustainable source provides an important benefit in terms of environmental care.*

Key words: Solar energy, bioclimatic architecture, solar heating, energetic efficiency. Optimization.