

## AHORRO ENERGÉTICO CON ENERGÍA SOLAR PARA UNA RESIDENCIA UNIVERSITARIA

**Marina Inés Amado<sup>12</sup>, Nuria A. Ferrero<sup>12</sup>, Mabel Medina<sup>14</sup>, Miguel A. Lara<sup>3</sup>**

<sup>1</sup>Facultad de Ciencias Exactas, Ingeniería y Agrimensura (UNR)

<sup>2</sup>Escuela de Ingeniería Civil

<sup>3</sup>Facultad de Ciencias Agrarias (UNR)- Instituto de Física Rosario<sup>2</sup> (CONICET)

<sup>4</sup>Consejo de Investigaciones. Universidad Nacional de Rosario.

TE: (0341) 4495467- Int 33; Fax: (0341) 4802654

E-mail: [nferrero29@yahoo.com.ar](mailto:nferrero29@yahoo.com.ar) / [mamd05@yahoo.com](mailto:mamd05@yahoo.com) / [mmedina@fceia.unr.edu.ar](mailto:mmedina@fceia.unr.edu.ar) / [malara@fceia.unr.edu.ar](mailto:malara@fceia.unr.edu.ar)  
 Av. Pellegrini 250, 2000 Rosario

**RESUMEN:** El presente trabajo analiza el comportamiento térmico de una Residencia de estudiantes universitarios – proyectada en la ciudad de Rosario- aplicando el programa SIMEDIF 2000 para Windows, con el objetivo de optimizar las instalaciones de calentamiento de agua que consumen energías no renovables, por un sistema de captación de energía solar. La simulación del comportamiento térmico del edificio bajo condiciones reales externas permite conocer con mayor exactitud las condiciones ambientales interiores, hecho de fundamental importancia para determinar las diferencias de temperatura entre el interior del ambiente no acondicionado y el confort térmico necesario para hacerlo habitable. Con esta diferencia se dimensiona la instalación de calefacción que logra un considerable ahorro energético, reflejándose en un ahorro económico en el proyecto estudiado. El dimensionamiento de los colectores se realiza con el Método F- Chart.

**PALABRAS CLAVES:** simulación numérica, SIMEDIF, balance térmico, colectores solares.

### INTRODUCCION

El edificio proyectado está ubicado en el predio de la Ciudad Universitaria de Rosario y se compone de tres pabellones habitacionales y un núcleo de servicios central. Cada pabellón está constituido por tres plantas idénticas formadas por un pasillo central y seis habitaciones a ambos lados. El análisis del núcleo de servicios central está fuera del alcance de este trabajo. La vinculación entre los pabellones habitacionales y el núcleo central de servicios consiste en ambientes, denominados halles que son independientes de los primeros.

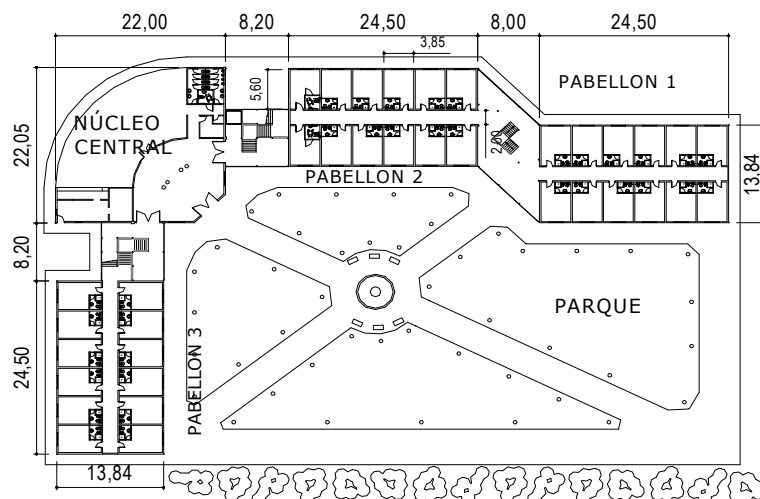


Figura 1: Residencia Universitaria – Planta de Arquitectura.

Los ejes longitudinales principales de los pabellones habitacionales se orientan hacia el Noroeste y Noreste. Esta orientación permite tener gran desarrollo de fachadas hacia el Norte. En virtud de su orientación, están más intensamente soleadas en

<sup>2</sup> Investigador CONICET

invierno que en verano, hecho sumamente positivo, ya que lo interesante es recibir la acción solar cuando más se precisan sus efectos calóricos, esto es, en días invernales.

Los elementos constitutivos del edificio están proyectados con paneles prefabricados de hormigón armado con placas intermedias de poli estireno expandido como aislante termo acústico.

Las losas serán de 3.85 m de largo, 5.92 m de ancho y 0.20 m de espesor, formadas por dos capas de 0.07 m de hormigón y una capa intermedia de 0.06 m de poli estireno expandido; los tabiques longitudinales, cuya función principal es la de cerramiento, serán de 3.85 m de largo, 2.80 m de alto y 0.16 m de espesor, formados por dos capas de 0.05 m de hormigón y 0.06 m de poli estireno expandido; y el último grupo a citar es el de los tabiques transversales de 5.92 m de largo y 2.80 m de alto, los cuales serán portantes y tendrán la misma conformación de espesores que las losas.

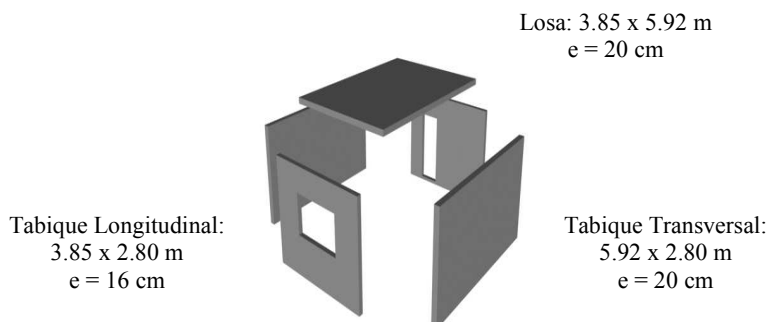


Figura 2: Esquema tridimensional de una habitación tipo.

La cubierta de cada pabellón es metálica y tiene una pendiente de techo adecuada para la ubicación de los paneles solares a utilizar para el calentamiento de agua sanitaria y para calefacción.

#### **Caracterización climática de la zona de implantación.**

El edificio se encuentra a 33° 52' 18" de latitud sur, a 60° 36' 44" de longitud oeste y a 30m sobre la margen occidental del Río Paraná (Básquez, 1990). El lugar de implantación se clasifica como zona bioclimática III-a (IRAM 11603,1981). Los elementos climáticos reinantes en la zona son: temperatura media: 10 C, temperatura media máxima: 29 C, temperatura media mínima en verano: 15 C, radiación solar media mensual: 9 MJ/m<sup>2</sup>, humedad del aire 80 % (promedio anual), presión de vapor: 1013 Pa, direcciones predominantes de los vientos: Sur y Sudoeste, velocidad media del viento: 13 km/h.(IRAM 11603,1981)

#### **Desarrollo del trabajo**

En primer lugar se realiza el estudio del recurso solar disponible, de otros factores climáticos propios de la zona de localización, y un análisis detallado de los materiales y elementos constructivos adoptados para el diseño del edificio, tanto desde el punto de vista de su geometría, como de sus características y propiedades físicas y térmicas.

En segundo lugar se realiza el cálculo térmico del edificio en base a los datos obtenidos primeramente. Se elaboran los días tipo de diseño para invierno y verano. En este momento uno de los obstáculos a superar es el de la implementación de un programa de simulación de edificios no utilizado usualmente en el ambiente de la ingeniería civil. Este programa permite obtener conclusiones en cuanto al comportamiento bioclimático del edificio en condiciones próximas a la realidad.

En tercer lugar, ya conociendo el comportamiento del edificio en su punto de implantación y las necesidades para lograr el confort de sus habitantes, se procede a realizar un pre dimensionamiento del sistema de calentamiento de agua para calefacción y uso sanitario, por medio de la utilización de la energía solar.

Finalmente, se realizan propuestas en base a criterios ambientales, para mejorar el comportamiento térmico del edificio y lograr en consecuencia, un ahorro de energías convencionales.

#### **SIMULACIÓN MEDIANTE SIMEDIF 2000 PARA WINDOWS DEL COMPORTAMIENTO TÉRMICO DEL EDIFICIO**

La cantidad de elementos (paredes, ventanas, etc.) a ingresar exceden los límites del programa, por lo tanto, se procede a simular habitaciones en conjunto, cada local ingresado en el programa, corresponde a la simulación de dos habitaciones.

En cuanto al pasillo que reúne a todas las habitaciones, es ingresado con las dimensiones reales y el hall vidriado, que vincula los pabellones entre sí con el núcleo central, es considerado como un solo local, en toda la altura del edificio. El espacio que queda entre el techo del último piso y la cubierta metálica, se considera como un local más denominado altillo, con características geométricas y térmicas propias.

La envolvente del edificio está formada por paneles de hormigón armado, que poseen en su interior una capa de poli estireno expandido, al igual que los entrepisos y el piso en contacto con el suelo. A continuación se identifican los distintos elementos que permiten hacer una descripción del edificio. Se numeran las paredes, losas de techo y piso, tabiques que conforman la cubierta metálica, ventanas y puertas. Las capas principales identificadas para cada uno de los elementos mencionados son 3: capa 1 de Hormigón Armado, capa 2 de Poli estireno expandido y capa 3, también de Hormigón Armado. Las losas de entrepiso y planta baja, por sus características constructivas, son consideradas como paredes. La cubierta de techo está constituida por 4 tabiques, para cada pabellón.

Posteriormente se hace correr el programa para un total de 15 días, para invierno (del 1° al 14° de Julio) y verano (del 15° al 29° de Enero) en forma independiente. Los 11 primeros días, son necesarios para que todo el sistema alcance el estado estacionario (Figuras 3 y 5)

Se realiza la simulación, tomando como temperatura de inicio para cada local, la temperatura de equilibrio -considerada cuando el edificio entra en régimen- es decir alcanza el estado estacionario mencionado anteriormente. Esas temperaturas para invierno y verano son de 10 C y 21 C respectivamente (Figuras 4 y 6).

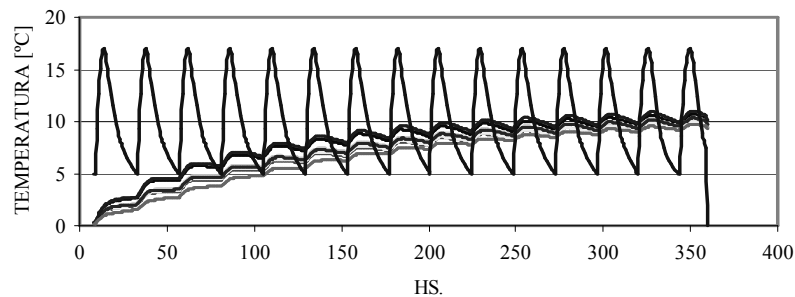


Figura 3. Evolución de la temperatura de locales y temperatura ambiente para el mes de Julio, temperatura inicial de simulación de 0 C, correspondiente al edificio recién construido. La oscilación mayor corresponde a la temperatura ambiente. El grupo de curvas corresponde a la simulación de locales, del hall y del pasillo en ese orden, de arriba para abajo.

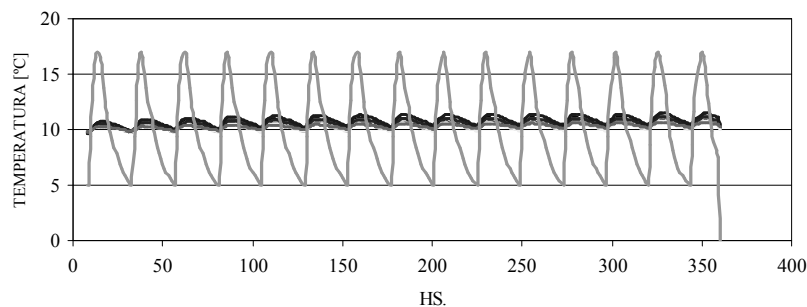


Figura 4. Evolución de la temperatura de locales y temperatura ambiente para el mes de Julio, temperatura inicial de simulación de 10 C, con el edificio en servicio. La oscilación mayor corresponde a la temperatura ambiente. El grupo de curvas corresponde a la simulación de locales, del hall y del pasillo.

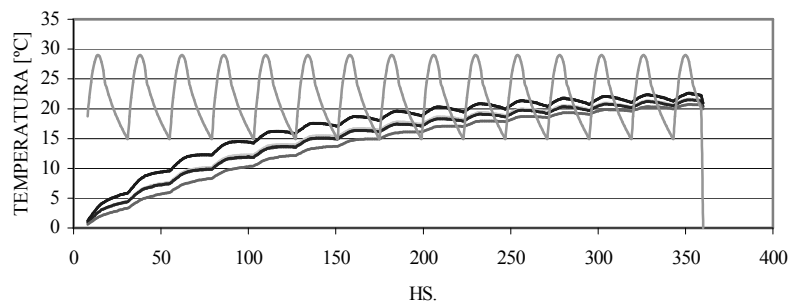


Figura 5. Evolución de la temperatura de locales y temperatura ambiente para el mes de Enero, temperatura inicial de simulación 0°C, correspondiente al edificio recién construido. La oscilación mayor corresponde a la temperatura ambiente. El grupo de curvas corresponde a la simulación de locales, del hall y del pasillo en ese orden, de arriba para abajo.

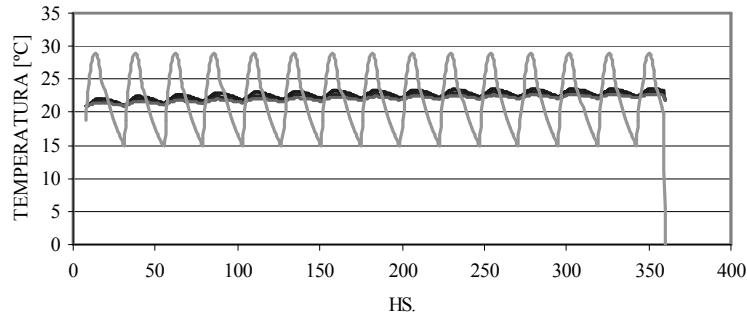


Figura 6. Evolución de la temperatura de locales y temperatura ambiente para el mes de Enero, temperatura inicial de simulación 22°C. La oscilación mayor corresponde a la temperatura ambiente. El grupo de curvas corresponde a la simulación de locales, del hall y del pasillo.

Analizando los resultados obtenidos, bajo condiciones de invierno y verano, se nota la escasa oscilación de temperatura en los locales de habitaciones, alrededor de 5 C, mientras que la oscilación de la temperatura ambiente es de 12 C y 14 C para invierno y verano respectivamente. Este comportamiento pone en evidencia la eficacia del sistema de aislación propuesto (poliestireno expandido), el cual otorga una considerable inercia térmica al edificio. Otro parámetro arquitectónico a destacar, que hace posible este comportamiento es la alta relación existente entre la superficie cubierta y el perímetro exterior de cada pabellón, la cual demuestra lo compacto del edificio.

Finalmente, en cuanto al comportamiento térmico de los locales hall y altillo, se denota claramente una marcada oscilación diaria de temperatura en comparación con la variación térmica de las habitaciones. Esto se debe a la falta de aislación térmica en su diseño

### BALANCE TÉRMICO

Todo sistema de calefacción tiende, en invierno, a proporcionar una condición climática interior uniforme, destinada a lograr confort para las personas o establecer condiciones adecuadas para procesos industriales.

El balance térmico de invierno determina la cantidad de calor que se debe suministrar a los locales para compensar las pérdidas, manteniendo la temperatura de confort adecuada. En el análisis térmico de invierno no se tiene en cuenta la incidencia favorable de la cantidad de calor aportada por personas, iluminación, etc., porque se considera al local en la condición más comprometida.

Según el tipo de calefacción empleado, y el tipo de actividades que se desarrollarán en el local a acondicionar, se distinguen distintas temperaturas de diseño, en este caso se adopta como temperatura de confort 20 C. Para la temperatura exterior se debe estipular un valor de temperatura exterior que nunca coincide con el mínimo absoluto de la localidad, pero debe ser lo suficientemente bajo como para obtener resultados satisfactorios sin requerir equipos exageradamente costosos.

En este caso, se cuenta con la ventaja de conocer el comportamiento térmico del edificio, bajo cargas de invierno, sin considerar ganancias internas. Estos datos, son los entregados por el programa utilizado para realizar la simulación del edificio, SIMEDIF. Es decir, que se debe considerar que mientras en el exterior del edificio se tienen temperaturas como la mínima absoluta del lugar, debido a las características constructivas y a las orientaciones de los pabellones, la temperatura inicial se considera de 10 C, y no 0 C, como se adopta en general para realizar los balances térmicos de la Ciudad de Rosario.

El balance térmico es calculado con la siguiente expresión:

$$Q_t = V \cdot G_{cal} \cdot \Delta T \quad (1)$$

Donde  $Q_t$  es el calor a suministrar en cada pabellón,  $V$  es el volumen del local,  $G_{cal}$  es el coeficiente volumétrico de pérdida de calor y  $\Delta T$  es la diferencia entre la temperatura del aire en el interior del local para conseguir un ambiente confortable  $t_i$  y la temperatura del aire en el interior del local sin aportes de calor. Por ejemplo en el cálculo para un piso tipo se tienen los valores de la tabla 1, donde  $Q_i$  es el calor a suministrar en cada local.

V [m <sup>3</sup> ]	G <sub>cal</sub> [W/m <sup>3</sup> K]	T [C]	Q <sub>t</sub> [W]	Q <sub>i</sub> [W]
724	1,43	10	10.332	861

Tabla 1. Valores para el cálculo del calor a suministrar

## **DIMENSIONAMIENTO DE COLECTORES SOLARES**

El cálculo de toda instalación que aproveche la energía solar, a diferencia de aquellas que utilizan fuentes energéticas convencionales, cuya disponibilidad puede considerarse constante, debe realizarse utilizando métodos adecuados que tengan en cuenta no sólo las características particulares de la radiación solar, sino también, tipo de demanda y distribución temporal, capacidad del acumulador y toda otra variable que pueda influir en el comportamiento del sistema.

El Método aplicado para el cálculo del área de los colectores es el denominado "f-chart" (Duffie, 1977). Éste permite expresar la fracción de la carga térmica mensual total provista por un sistema solar dado,  $f$ , en función de dos parámetros adimensionales,  $X$  e  $Y$ , asociados con la relación entre las pérdidas térmicas de los colectores y la carga térmica, el primero, y con la relación entre energía solar captada y la carga térmica, el segundo.

Para la Residencia Universitaria se debe dimensionar la instalación solar para la provisión de agua caliente a 60 C, con una demanda diaria en la misma de 25.920 litros. Los colectores deben orientarse hacia el noreste y noroeste, con una inclinación de 45° con la horizontal, debido a la ubicación geográfica del edificio.

Los valores que se obtienen de  $f$ , fracción solar, para cuatro áreas de colección: 50, 60, 70 y 80 m<sup>2</sup> son: 0.12, 0.15, 0.18 y 0.22 respectivamente. Por ser el objetivo fundamental de este trabajo, lograr una mayor independencia de las fuentes convencionales de energía, y por contar con un área total de cubierta de 80 m<sup>2</sup> apta para la instalación de colectores solares, se adopta un área de 80 m<sup>2</sup>, resultando entonces una instalación de 32 colectores solares planos de 2.50 m<sup>2</sup> cada uno.

El aporte de calor para calentamiento de agua que se alcanza con esta superficie es de aproximadamente un tercio de la necesaria en los meses de verano, mientras que en el invierno este calor llega a cubrir un décimo de las necesidades.

## **CONCLUSIONES**

El cálculo de las instalaciones de calefacción y agua caliente de la residencia universitaria logra, bajo las condiciones ambientales de la zona de implantación, disminuir el consumo de energía convencional (gas natural) en un 20% anual. Resulta en consecuencia una instalación de menores dimensiones que las calculadas mediante balances térmicos convencionales, optimizando la instalación de calefacción con un considerable ahorro energético, que se refleja en un ahorro económico en el proyecto estudiado.

El cálculo de las temperaturas interiores de los locales a través de SIMEDIF, logra una simulación del comportamiento térmico del edificio en condiciones reales de funcionamiento permitiendo el cálculo de la energía auxiliar necesaria.

El aporte de calor para calentamiento de agua que se alcanza con la superficie resultante de colectores es de aproximadamente un tercio de la necesaria en los meses de verano, mientras que en el invierno este calor llega a cubrir un décimo de las necesidades.

## **AGRADECIMIENTOS**

Los autores agradecen la colaboración y apoyo a: Ing. Dante Seta, Ing. María Lidia Baqué y Dra. Silvana Flores Larsen.

## **REFERENCIAS**

- Bazquez, J. (1985). Programa Nacional de Energía no convencional. Estudio económico energético del confort térmico luminoso. Secretaría de Estado, Ciencia y Tecnología. Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas. Rosario.
- Duffie, J.A. y Beckman, W.A. (1980). Solar Engineering of Thermal Processes. Wiley, Interscience Publication. Wisconsin.
- Norma IRAM 11.603. (1981). Acondicionamiento térmico de Edificios. Clasificación bioambiental de la República Argentina. Instituto Argentino de Racionalización de Materiales. Argentina.
- Flores Larsen, S. y Lesino, G. (2000). Simedif 2000: Nueva versión del programa de diseño y cálculo de edificios. INENCO. Universidad de Salta. CONICET. Revista Averma. Volumen 4, Tomo II, pp 8:53 a 52. Salta.
- Norma IRAM 11.604. (1990). Acondicionamiento Térmico de edificios. Condiciones de habitabilidad en viviendas para verano. Coeficiente volumétrico global  $G$  de transmitancia térmica. Instituto Argentino de Racionalización de Materiales. Argentina.
- Norma IRAM 11.605. (1980). Acondicionamiento Térmico de edificios. Condiciones de habitabilidad en viviendas. Valores máximos admisibles de transmitancia térmica  $K$ . Instituto Argentino de Racionalización de Materiales. Argentina.

## **ENERGY SAVING BY SOLAR ENERGY FOR A COLLEGE BUILDING**

**ABSTRACT:** This work analyzes the thermal performance of a University Students Residence – projected in the city of Rosario – using SIMEDIF 2000 for Windows. The objective of this work is to optimize the heating water installations that consume no renewable energy developing a solar energy system. The simulation of the thermal behaviour of the building under real external conditions allows to know the internal thermal conditions. It is important to determine differences between the internal temperature of a non-conditioning room and the comfort range. The result of this evaluation is a thermal heating system that uses the renewable energy more efficiently. The F-Chart Method is used to calculate the solar collectors.

**KEYWORDS:** numerical simulation, SIMEDIF, thermal balance, solar collectors