

"ENERNORM" SISTEMA INFORMATIZADO PARA LA EVALUACIÓN BIOAMBIENTAL DE EDIFICIOS Y SUS PARTES SEGÚN NORMAS NACIONALES

Jorge Daniel Czajkowski*, Elías Rosenfeld** y Julio Tesler

IDEHAB, Instituto de Estudios del Hábitat. Facultad de Arquitectura y Urbanismo de la Universidad Nacional de La Plata
Calle 47 N°162. C.C.478 (1900) La Plata, Buenos Aires. Tel./Fax.: 54-21-214705. E-mail: czajko@isis.unlp.edu.ar.

RESUMEN

Los diversos sectores del sector construcciones de la comunidad nacional, sean individuos u organismos, encuentran dificultades en la aplicación de las normas nacionales referidas a acondicionamiento bioambiental de edificios y ahorro de energía en climatización. Esto quizás se deba a varios factores, entre los que encontramos la falta de personal capacitado en el caso de entes gubernamentales, dificultad en la comprensión de los procedimientos de verificación sumado a carencia de herramientas informatizadas de diagnóstico, entre otros.

En el trabajo se expone una propuesta de sistema informatizado, realizado a partir de un convenio entre el IRAM y la UNLP, que apunta al mejoramiento del acceso a la información y la aplicación de las normas en edificios en el ámbito del territorio nacional. Se presenta el modelo de diagnóstico que permite la evaluación y mejoramiento de partidos arquitectónicos en múltiples escenarios climáticos y tecnológicos para edificios de diverso uso y magnitud.

INTRODUCCIÓN

La difusión de técnicas y prácticas de ahorro de energía y URE en el sector construcciones, demanda profesionales especializados, que operen en la implementación de recomendaciones y verificaciones en las diversas etapas del diseño edilicio. La universidad posee la capacidad de formar y actualizar profesionales en el área de interés pero en acciones dispersas y discontinuas, al menos por el momento.

Una forma de comenzar a coordinar acciones es mediante la participación en entes reguladores apoyado en una transferencia de conocimientos, experiencias y técnicas como actividad de extensión universitaria. La participación en entes como el Instituto Argentino de Racionalización de Materiales tiende a lograr el objetivo trazado, formalizado en convenios de transferencias recíprocas⁽¹⁾.

En este encuadre, se finalizó la versión beta 2 del sistema informatizado "EnerNorm", que se encuentra en período de evaluación y oportunamente se someterá a discusión pública. El sistema pretende avanzar por sobre programas de verificación simples, convirtiéndose en una herramienta de apoyo al diseño edilicio. El sistema se basa en un modelo de integración que concentra en un solo instrumento un conjunto de herramientas que de otra forma se utilizarían desarticuladamente, permitiendo además la posibilidad de introducir otras que tiendan a tratar con un enfoque abarcativo los problemas edilicios en diversos escenarios.

El banco de datos abarca las tipologías, regiones, climas, tecnología y materiales, energía, etc. Posee además datos de normativas nacionales y/o extranjeras y estadísticas. La unidad de procesamiento comprende las rutinas que representan al modelo de análisis y clasificación de tipologías, modelo climático energético, modelo de eficiencia edilicia, las interrelaciones clima-edificio, la eficiencia del equipamiento, los consumos reales y sus correlaciones, etc. Funciona con la información del banco de datos

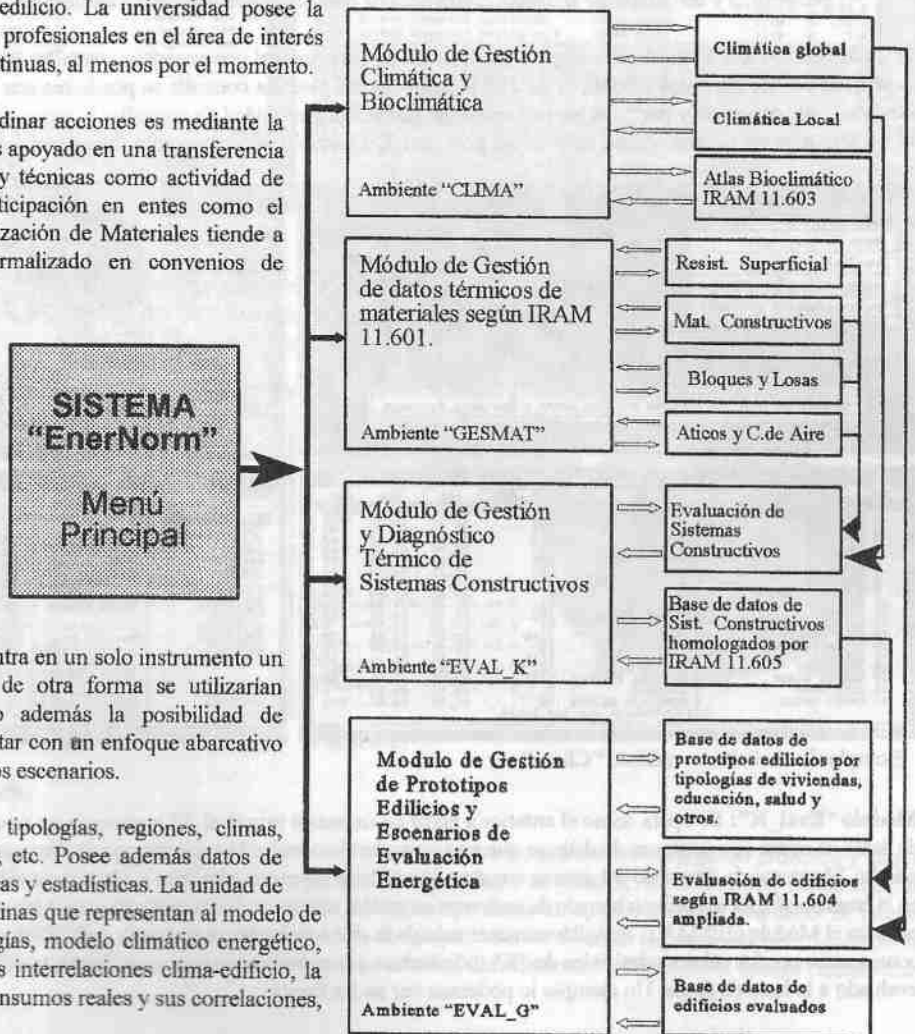


Figura 1 Flujograma del sistema "EnerNorm" respecto de sus módulos y bases de datos.

* Becario Posdoctoral CONICET ** Investigador CONICET

dentro del marco impuesto por la unidad de simulación y optimización. Esta unidad posibilita realizar la simulación, optimizando los resultados según los requerimientos de la unidad de escenarios.

La unidad de escenarios es el módulo de comunicación con el usuario, que fija los condicionantes para realizar las simulaciones empleando información del banco de datos. En función de este modelo teórico se construyó el sistema "EnergCAD", que sirve de antecedente al que se está exponiendo.

CARACTERÍSTICAS DEL SISTEMA

Para el desarrollo del sistema se utilizó el desarrollador de aplicaciones 4GL "Clarión 3.1" que permite una gran flexibilidad en la construcción y manejo de bases de datos con múltiples enlaces cruzados y con un buen uso del recurso hardware. El sistema se compone a la fecha de cuatro módulos-programas interrelacionados entre sí, pero pensados para actuar con independencia a partir de un concepto modular:

- ✓ "CLIMA" - Gestor de datos meteorológicos y bioclimáticos de 188 estaciones del país y las regionalizaciones bioambientales de la norma IRAM 11.603.
- ✓ "GESMAT" - Gestor de datos térmicos de materiales de construcción, resistencias superficiales, cámaras de aire, áticos y bloques de muros y techos, basado en información de la norma IRAM 11.601.
- ✓ "EVAL_K" - Gestor de sistemas constructivos de muros y techos homologados por la norma IRAM 11.605. A la fecha la base de datos contiene 100 casos de sistemas constructivos usuales para las 6 zonas bioambientales del país.
- ✓ "EVAL_G" - Gestor de información gráfica y numérica de prototipos edilicios (clasificados según su uso: vivienda, salud, educación...) y módulo para la evaluación térmica y energética en escenarios múltiples definidos por localización geográfica y adopción de sistemas constructivos homologados para esa localización por la norma IRAM 11.604.

Módulo "CLIMA": El módulo se opera a partir de un menú principal que encadena pantallas para la consulta y ABM (alta, baja y modificación) de los datos climáticos de 188 localidades del país. La consulta se puede realizar por tres criterios: por nombre de localidad, por provincia y por zona bioambiental. Se planteó la posibilidad de consultar la regionalización bioambiental de la IRAM 11.603/92 a través de una opción en el menú principal. Un ejemplo de las pantallas puede verse en las figuras.

| Co. | Nombre | Provincia | Regionalización | Lat | Long | Alt | Sit. |
|-----|------------------|-----------------|-----------------|-------|-------|-----|------|
| 1 | ELIO DEL CAMPEÑO | V. CORDOBA | ITIB | 28.23 | 65.29 | 125 | |
| 2 | ELIO DEL CAMPEÑO | V. CORDOBA | ITIB | 28.23 | 65.29 | 125 | |
| 3 | ELIO DEL CAMPEÑO | V. CORDOBA | ITIB | 28.23 | 65.29 | 125 | |
| 4 | ANGEL GALLARDO | V. BUENOS AIRES | UC | 31.42 | 58.68 | 19 | |
| 5 | ANGEL GALLARDO | V. BUENOS AIRES | UC | 31.42 | 58.68 | 19 | |
| 6 | ANGEL GALLARDO | V. BUENOS AIRES | UC | 31.42 | 58.68 | 19 | |
| 7 | BARBA BLANCA | V. BUENOS AIRES | UC | 36.75 | 59.93 | 122 | |
| 8 | BARBA BLANCA | V. BUENOS AIRES | UC | 36.75 | 59.93 | 122 | |
| 9 | BARBA BLANCA | V. BUENOS AIRES | UC | 36.75 | 59.93 | 122 | |
| 10 | BARBA BLANCA | V. BUENOS AIRES | UC | 36.75 | 59.93 | 122 | |
| 11 | BARBA BLANCA | V. BUENOS AIRES | UC | 36.75 | 59.93 | 122 | |
| 12 | BARBA BLANCA | V. BUENOS AIRES | UC | 36.75 | 59.93 | 122 | |
| 13 | BARBA BLANCA | V. BUENOS AIRES | UC | 36.75 | 59.93 | 122 | |
| 14 | BARBA BLANCA | V. BUENOS AIRES | UC | 36.75 | 59.93 | 122 | |
| 15 | BARBA BLANCA | V. BUENOS AIRES | UC | 36.75 | 59.93 | 122 | |
| 16 | BARBA BLANCA | V. BUENOS AIRES | UC | 36.75 | 59.93 | 122 | |
| 17 | BARBA BLANCA | V. BUENOS AIRES | UC | 36.75 | 59.93 | 122 | |
| 18 | BARBA BLANCA | V. BUENOS AIRES | UC | 36.75 | 59.93 | 122 | |
| 19 | BARBA BLANCA | V. BUENOS AIRES | UC | 36.75 | 59.93 | 122 | |

| Temperaturas | | Máx. Méd. Día con | |
|------------------|---------|---------------------|------|
| Máx. Absoluta: | 35.4 °C | Cielo Claro: | 12.0 |
| Méx. Absoluta: | 28.4 °C | Coberto: | 4.0 |
| Méx. Média: | 23.8 °C | Precipitación: | 7.0 |
| Méx. Média: | 15.6 °C | Granizo: | 0.2 |
| Humid. Absoluta: | 18.8 °C | Nevada: | 0.0 |
| Humid. Média: | 16.3 °C | Niebla: | 0.2 |
| Humid. Absoluta: | 17.6 °C | Helada: | 0.0 |
| | | Tormenta Eléctrica: | 0.0 |

Ejemplo de consulta en módulo "Clima"

Módulo "Eval_K": Se opera como el anterior a partir de un menú principal. El ingreso de un nuevo sistema constructivo a la base de datos se opera con ventanas de diálogo que van guiando al operador hasta ingresar a la ventana de diseño y evaluación del muro o techo. El entorno de desarrollo del sistema constructivo se basa en capas, similar a la planilla de cálculo del coeficiente "K" utilizada en la enseñanza⁽²⁾. La selección o borrado de cada capa se realiza con las teclas *Insert* y *Delete*. Al insertar una nueva capa el programa consulta el Módulo GESMAT. Simultáneamente calcula la resistencia térmica, el peso y el "K" de proyecto. Al finalizar se realiza la comparación con los valores admisibles de "K" indicándonos si cumple o no la norma IRAM 11.605. Si lo hace incorpora el sistema evaluado a la base de datos. Un ejemplo lo podemos ver en las figuras.

Módulo "GESMAT": Este módulo permite la consulta y las altas, bajas y modificaciones de las bases de datos de materiales de construcción, losas y bloques, cámaras de aire, espacios de ático y entretechos. Contiene la información de la norma IRAM 11.601. Puede considerarse un módulo de consulta ya que se utiliza para gestionar la información que utiliza el módulo "EVAL_K".

| Material | Q ₁ | Q ₂ | Q ₃ | Q ₄ | Q ₅ |
|------------------------------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|
| Marcos de Arcilla Expandida | 0,93 | 0,13 | 0,33 | 65 | 2,34 |
| Marcos de Arcilla Expandida | 0,14 | 0,19 | 0,39 | 77 | 2,15 |
| Ladrillo hueco cerámico 6 agujeros | 0,08 | 0,15 | 0,25 | 69 | 2,48 |
| Ladrillo hueco cerámico 6 agujeros | 0,08 | 0,18 | 0,25 | 67 | 2,54 |
| Ladrillo hueco cerámico 6 agujeros | 0,10 | 0,08 | 0,25 | 168 | 1,95 |
| Ladrillo hueco cerámico 6 agujeros | 0,20 | 0,10 | 0,40 | 142 | 2,05 |
| Ladrillo hueco cerámico 7 agujeros | 0,12 | 0,10 | 0,33 | 56 | 1,91 |
| Ladrillo hueco cerámico 9 agujeros | 0,15 | 0,10 | 0,33 | 106 | 1,80 |
| Ladrillo hueco cerámico 9 agujeros | 0,10 | 0,10 | 0,33 | 125 | 1,74 |
| Ladrillo hueco cerámico 9 agujeros | 0,19 | 0,10 | 0,40 | 155 | 2,12 |
| Ladrillo hueco cerámico 9 agujeros | 0,28 | 0,10 | 0,40 | 162 | 2,09 |

Figura 7

| Código | Descripción | Material |
|--------|--------------------|------------------------------------|
| 33 | ASBLANTES TÉRMICOS | Lana de vidrio en planchas (25) |
| 1 | ASBLANTES TÉRMICOS | Pelliculón expandido planchas (15) |
| 04 | ASBLANTES TÉRMICOS | Pelliculón expandido planchas (20) |
| 5 | ASBESTO CERENTO | En placas 1 (600) |
| 6 | ASBESTO CERENTO | En placas 2 (600) |
| 4 | BALBOSAS | Calcáreas |
| 7 | BALBOSAS | Cerámicas |
| 8 | BALBOSAS | Plásticas |
| 9 | CUBIE | |
| 10 | CUBIE | |
| 12 | CUBIE | |

Figura 6

Módulo "Eval_G": Este módulo se encuentra en la etapa final de desarrollo y es el más complejo en función de los objetivos planteados. Debe permitir generar, modificar, almacenar y clasificar la información dimensional y gráfica de prototipos de arquitectura de diversas dimensiones y funciones. Para luego evaluarlos en diversos escenarios geográficos y tecnológicos, bajo las condiciones de la norma IRAM 11.604 (ampliada). Nos referimos a ampliada ya que genera indicadores adicionales de eficiencia y comportamiento realizando una evaluación mensual y anual. El tipo de diagnóstico térmico-energético es en estado estacionario basado en grados día mensuales y anuales, existiendo la opción adicional de grados día horarios para edificios de uso discontinuo como los del subsector educación. Un ejemplo de operación puede verse en las figuras.

| ID | Family | Type | Compacta |
|------------------------------|------------------|--------------|--------------|
| el 11 | family 1 | tipo 1 | Compacta 100 |
| este es este | Unidad Sanitaria | Compacta 100 | Compacta 100 |
| Módulo para ensayo funciones | Unidad Sanitaria | Compacta 100 | Compacta 100 |
| unidad compacta sanitaria | Unidad Sanitaria | Compacta 100 | Compacta 100 |
| unidad compacta sanitaria 6 | Unidad Sanitaria | Compacta 100 | Compacta 100 |
| unidad compacta sanitaria 6 | Unidad Sanitaria | Compacta 100 | Compacta 100 |
| unidad compacta sanitaria 6 | Unidad Sanitaria | Compacta 100 | Compacta 100 |
| Vivienda tipo IPUB 94 | CNSH CNJSH 001 | Compacta 100 | Compacta 100 |

Figura 8

| ID | Material | U | h | Q |
|------------------------------|---------------------|------|-----|------|
| el 11 | | 3 | 0,0 | |
| este es este | ALTO VALLE | 100 | 3 | 5,6 |
| Módulo para ensayo funciones | CHORRILLO RIUABAVIA | U | 6 | 18,0 |
| unidad compacta sanitaria | AEROPARQUE | 111B | 3 | 13,0 |
| unidad compacta sanitaria | AEROPARQUE | 111B | 6 | 19,2 |
| unidad compacta sanitaria 6 | AEROPARQUE | 111B | 6 | 7,0 |

Figura 9

Los resultados de este módulo permiten optativamente alimentar con indicadores de eficiencia, caracterización y comportamiento térmico a otros sistemas de gestión de redes edilicias complejas⁽³⁾. Permite a su vez en si mismo la evaluación de edificios por profesionales y organismos relacionados con la producción edilicia tanto públicos como privados.

| RESULTADOS GLOBALES | | | |
|--|--------------------|--------------------------|---------|
| ASIGNACIÓN DE PÉRDIDAS TÉRMICAS POR SECTORES DE ENVOLVENTE | | | |
| Corona | Grosos | 156,24 M ² °C | 32,66 % |
| Dobida | Techos | 36,00 M ² °C | 7,53 % |
| | Mórbteras | 32,85 M ² °C | 6,79 % |
| Pérdidas por | Pisos | 7,12 M ² °C | 1,49 % |
| | Renovación de Aire | 207,00 M ² °C | 51,03 % |

| RESUMEN CARACTERÍSTICAS DIMENSIONALES Y TÉRMICAS DEL EDIFICIO | | | |
|---|----------------------------|--|--|
| Volumen Calefaccionado | 150,00 m ³ | | |
| Superficie Habitabile | 25,00 m ² | | |
| Perímetro | 20,00 m | | |
| Área Envolvente Total | 165,00 m ² | | |
| Cantidad de Renov. de Aire | 1,65 | | |
| Factor de Composición | 0,15 | | |
| Factor de Forma | 0,70 | | |
| Factor de Exposición | 60 | | |
| Carga Térmica Anual | 5,00 MWh/año | | |
| Coefficiente UA | 078,00 M ² °C | | |
| Coefficiente UA/m ² | 19,10 M ² °C | | |
| Coefficiente G de Proyecto | 2,12 MWh/m ² °C | | |
| Coefficiente G Admisible | 3,52 MWh/m ² °C | | |

Figura 10

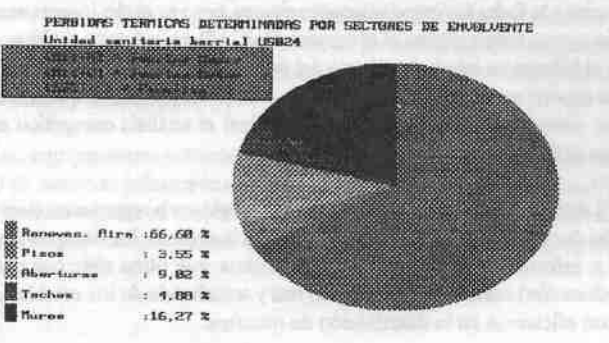


Figura 11

Carga y evaluación de un edificio:

El proceso de carga y evaluación de un edificio sigue dos pasos bastante diferentes, por un lado se realiza la carga del prototipo y luego se selecciona un prototipo para su evaluación. La razón de esta estrategia de arquitectura de sistema, radica en poder contar con un catálogo de prototipos donde guardamos sus características dimensionales y luego construimos un escenario donde evaluarlo. Se puede así diseñar un prototipo de por ejemplo una vivienda de interés social y luego probarla en diversas regiones del país, variando la tecnología de la envolvente. Si se desea modificar el prototipo en sus características dimensionales o formales se deberá realizar una copia del mismo.

El mecanismo de operación del programa es sumamente simple y se circunscribe a oprimir botones y seleccionar opciones, los datos que se cargan son los mínimos necesarios. La filosofía del sistema es que la máquina o la herramienta haga el trabajo por nosotros. Está concebido para que casi toda la información la provea el sistema y comparta esta información entre los diversos módulos. La secuencia de carga comienza en el menú principal del módulo EVAL_G, donde se ofrecen tres botones: *Prototipo*, *Análisis* y

Finalizar. Al oprimir el botón Prototipo se abre un cuadro de diálogo conteniendo una tabla con los prototipos cargados, ordenados por nombre. En la versión final se invertirán los criterios y se ordenará por: Familia, Tipo y Nombre o descripción. Se entiende Familia como el macro grupo al que pertenece, por ejemplo: vivienda, salud, educación, comercio, etc. Luego tipo como un recorte de grupo dentro de una familia, por ejemplo: casa tipo cajón o chorizo perteneciente a la familia viviendas. Como toda clasificación es arbitraria y posiblemente no sea la más adecuada.

El sistema por el momento, es abierto en cuanto a clasificaciones cuando las bases de datos están vacías y se piensa en plantear una pre-clasificación para que el usuario opte, dejando la posibilidad de crear nuevos segmentos o categorías. En el momento de dar el alta de un prototipo es posible agregar gráficos de plantas, cortes o vistas para formar el catálogo tipológico informatizado, para esto debe indicarse el nombre del archivo gráfico en formato Bitmap PCX. Luego del alta, el sistema regresa a la tabla de prototipos donde pueden comenzar a cargarse los muros y techos del edificio. El sistema solicitará con cada muro o techo ingresado si existen aberturas en los mismos y cantidad de ellas. De ser un techo preguntará si tiene pendiente.

El proceso de construcción de un escenario de evaluación es similar y comienza luego de oprimir el botón *Análisis* del menú principal. Este nos abre un cuadro de diálogo en forma de tabla, donde se muestran todos los prototipos evaluados, ordenados por nombre; indicándose variada información adicional del mismo como: localidad y zona bioambiental donde se la localizó, altura del edificio, junto a un resumen de sus características formales, dimensionales, térmicas y energéticas (superficie habitable, volumen, factor de forma, factor de compacidad, índice de compacidad, factor de exposición, carga térmica anual, coeficiente UA total y por superficie en $W/^{\circ}C$, coeficiente G de proyecto y admisible en $W/m^3^{\circ}C$). Para construir el escenario nos posicionamos sobre el prototipo y luego oprimimos el botón *Localidad*, este nos abrirá una ficha donde elegiremos la localidad de una planilla, automáticamente se cargarán los datos climáticos de la misma, luego indicaremos si el edificio estará localizado en una zona urbana, suburbana o rural. A continuación ingresaremos la altura total del edificio e indicaremos la temperatura base de calefacción (16, 18, 20 o $22^{\circ}C$).

El siguiente paso es seleccionar los sistemas constructivos para muros, techos y sus aberturas para lo cual oprimiremos en botón *Muros o Techos* según corresponda. Al hacerlo se abrirán cuadros de diálogo donde podremos elegir los sistemas constructivos que cumplen con la normativa vigente para esa localización geográfica. Estos sistemas constructivos fueron previamente cargados en el módulo EVAL_K. Cumplidos estos pasos recién deberemos oprimir el botón *Calcula* para que se realicen los mismos y se actualicen las bases de datos de resultados. Al oprimir el botón Resultados se abrirá un nuevo cuadro de diálogo donde podremos ver los resultados totales del análisis. En este cuadro puede obtenerse un gráfico de sectores indicando la distribución de pérdidas térmicas por envolvente. Existe otro botón (*Imprime*) para obtener una copia impresa de los resultados, para lo cual el sistema nos mostrará un cuadro donde indicaremos el destino de la copia (monitor, impresora o archivo a disco).

CONCLUSIÓN

Como puede verse el sistema "EnerNorm" es muy complejo en cuanto a su desarrollo y arquitectura pero para el usuario final se presenta, a nuestro entender, simple de ser utilizado.

De lo expuesto puede recalarse que este módulo todavía posee defectos y carencias que deben mejorarse. Se informa la versión que opera a la fecha sin grandes inconvenientes, pero se están incorporando modificaciones para que brinde más información. En especial las que ya suministraba el programa BalCAD en cuanto a realizar un balance estacionario de pérdidas y ganancias invierno - verano y el balance en estado transitorio del programa SimCAD, ambos pertenecientes al Sistema Informatizado "EnergoCAD". Aunque no se expone en esta versión ya se cuenta con el subprograma que importa los archivos de datos del EnergoCAD para cargarlos a la base de datos del módulo EVAL_G y realizar el análisis energético sin cargar datos adicionales salvo los concernientes a localización geográfica.

El sistema informatizado permitiría que individuos u organismos cuenten con una poderosa herramienta de trabajo. Al sector encargado del desarrollo de conocimiento le permitiría acelerar los tiempos de evaluación del comportamiento de alternativas de diseño edilicio. La información que suministra permitiría que otros sistemas para el control y diagnóstico de redes edilicias (en especial salud y educación) cuenten con una visión real y actualizada de los establecimientos del sector. Esto permitiría la implementación de acciones con eficiencia en la distribución de recursos.

La posibilidad de poder evaluar prototipos edilicios en diversos escenarios mejoraría las propuestas en diferentes localizaciones. El tratamiento de los resultados en periodos mensuales, anuales y horarios otorga información del comportamiento global de los edificios. Con este perfil el responsable del diseño y/o evaluación dispondrá de abundante información para mejorar la toma de decisiones.

Al ser modular, el sistema permite la incorporación de nuevos módulos sin comprometer la estabilidad del sistema y de realizar la transferencia por paquetes a medida de las necesidades del potencial usuario.

REFERENCIAS

1. Czajkowski Jorge y Rosenfeld Elias. Interacción entre la investigación universitaria y entidades privadas. El caso de la transferencia de tecnología informática al IRAM Actas de ASADES '94. Rosario. Pp. 301.
2. J.Czajkowski y A.Gómez. Introducción al diseño bioclimático y la economía energética edilicia. Editorial UNLP. La Plata, 1994.
3. Czajkowski Jorge, Rosenfeld Elias y Tesler Julio. Sistema informatizado para evaluación y diagnóstico del comportamiento térmico edilicio en el territorio nacional. Versión Beta". Actas ASADES '95. Catamarca. Pp. 99.