



ENTAC2006

A CONSTRUÇÃO DO FUTURO XI Encontro Nacional de Tecnologia no Ambiente Construído | 23 a 25 de agosto | Florianópolis/SC

DESARROLLO DE INDICADOR DE EFICIENCIA ENERGÉTICA PARA EL AHORRO DE ENERGÍA EN REFRIGERACIÓN EN LA ARGENTINA. VALORES ADMISIBLES PARA VIVIENDAS.

Jorge Daniel Czajkowski (1); Cecilia Corredora (2)

(1) Cátedra Instalaciones, Facultad de Arquitectura y Urbanismo, Universidad Nacional de La Plata. Profesor Titular Ordinario e Investigador Adjunto CONICET.

e-mail: czajko@ing.unlp.edu.ar

(2) Cátedra Instalaciones, Facultad Arquitectura y Urbanismo, UNLP, Argentina. Profesora Adjunta Interina y Becaria Doctoral CONICET. - e-mail: cecicorredora@yahoo.com.ar

RESUMEN

Las características bioclimáticas de la República Argentina llevan a que los edificios de diseño convencional requieran de climatización artificial en invierno y verano. Casi un tercio de la demanda primaria de energía es consumida por el hábitat construido, que en más de un 80% es para climatización. Desde hace casi dos décadas el país cuenta con normas no obligatorias para el ahorro de energía en calefacción y desde hace un año en refrigeración. En el trabajo se expone el modelo de ahorro de energía desarrollado para edificios de habitación humana, junto a un indicador volumétrico global de eficiencia y sus valores admisibles. En este caso se discuten los estándares propuestos para viviendas.

Palabras Clave: modelos; ahorro energía; refrigeración; indicadores; normas.

ABSTRACT

The bioclimatic characteristics of the Argentine Republic take to that the buildings of conventional design require of artificial air conditioning in winter and summer. A third of the primary demand of energy is almost consumed by the constructed habitat, that in more of a 80% is for air conditioning. For almost two decades the country it has been counting on nonobligatory norms for the saving of energy in heating and for a year in refrigeration. In the work the model of saving of energy is exposed developed for buildings of human room, next to a global volumetric indicator of efficiency and its permissible values. In this case houses are discussed to the standards proposed for.

Keywords: models; energy saving; refrigeration; indicators; standards.

1. INTRODUCCIÓN

La República Argentina cuenta con normativa relacionada con la calidad térmica edilicia desde principios de los '70 que son continuamente revisadas y actualizadas. En cuanto a edificios y su envolvente se utilizan dos indicadores: el coeficiente volumétrico G_C de pérdidas de calor orientado al ahorro de energía en calefacción y la transmitancia térmica K para muros y techos. Estos indicadores permitirían regular la calidad térmica de las construcciones y ser instrumentos para la regulación de emisiones de gases de efecto invernadero – GEI, pero no es así, ya que no son de cumplimiento obligatorio.

El único indicador que afecta al comportamiento de edificios en el período estival o en las zonas del país con clima cálido y muy cálido es el K de verano aunque de forma indirecta.

Así surgió la necesidad de contar con un antecedente para ser presentado al Instituto Argentino de Normalización y ser debatido y mejorado para convertirlo en norma. Desde los '90 se venían realizando transferencias para el mejoramiento y actualización de las normas como: datos bioclimáticos para 165 estaciones meteorológicas y determinación de grados día de calefacción, enfriamiento y días tipo de diseño (Czajkowski, 1993); modelo de ahorro de energía en calefacción y determinación del coeficiente volumétrico G_C de perdidas de calor (Czajkowski, 2000, 2001); procedimiento para la verificación de la resistencia superficial interior en aristas verticales y horizontales (Czajkowski, et al; 1999). En la búsqueda de adecuar la enseñanza del balance térmico de verano al diseño ambientalmente consciente nos encontramos con el problema en que los modelos de balance eran muy complejos o excesivamente simples, llegando al extremo del procedimiento usado por instaladores que afectan a la superficie del local o edificio un coeficiente dado por el fabricante de equipos de aire acondicionado. Luego de haber desarrollado un procedimiento simplificado que incorporó lo esencial en cargas térmicas sensible y latente notamos que no había un indicador de referencia por tipo edilicio o función que indicara si dicha carga térmica calculada era válida. Todo esto llevó a pensar en el desarrollo de un modelo de ahorro de energía en refrigeración, que en su aplicación brindara uno o más parámetros de referencia para antecedentes homologados. Un procedimiento simple en *estado estacionario o régimen permanente*, para calcular la carga térmica en refrigeración y el desarrollo de un indicador que recomendara un límite de referencia o valor admisible.

Dada la complejidad del problema se lo dividió en partes. Así, la primera parte, contiene el vocabulario, definiciones, junto a tablas y datos para determinar la carga térmica del edificio. Mientras en algunos temas se encontró consenso entre autores, en otros debió partirse de cero. Fue el caso de las tablas con valores de radiación solar horaria para zonas del país que se trata más adelante. Este antecedente se convirtió en Norma (IRAM 11659-1, 2004).

Posteriormente se comenzó a elaborar el modelo descrito en este trabajo que se decidió dividir en tipos edilicios con complejidad creciente. En primer lugar un modelo adecuado a viviendas y edificios multifamiliares para luego continuar con edificios de oficinas, administración, comercio, etc.

Se busca obtener un perfil general del comportamiento edilicio, pero desde ya lo más recomendable para la situación de verano, es simular el comportamiento del edificio en régimen transitatorio con un programa de simulación adecuado. Los programas y modelos de simulación son de difícil acceso, de difícil utilización y requieren de un profesional con especialización media a alta. Este modelo busca salvar esa distancia de formación y acceso a costosas herramientas y con la ayuda de una hoja electrónica poder verificar el cumplimiento de un indicador de calidad energética edilicia.

2. OBJETIVO

Desarrollo de un modelo simplificado de ahorro de energía en refrigeración de edificios y propuesta de indicadores de calidad térmica y ambiental para ser transferidas al Instituto Argentino de Normalización IRAM.

3. METODOLOGÍA

El trabajo llevado adelante para la definición de valores admisibles de pérdidas globales en calefacción IRAM 11604 (Czajkowski, 2001) mostró la necesidad de trabajar con simplificaciones, variables continuas y constantes. En el caso de ahorro de energía en calefacción no solamente el problema fue más sencillo sino que había menos variables.

Al tratar de seguir un modelo semejante para el problema del ahorro en energía en refrigeración veremos que es necesario proponer “constantes” en variables que son continuas o discretas y esta aparente “arbitrariedad” redonda en un modelo simple y claro. Aunque esto implica un

trabajo previo a nivel de variable en particular con la transmitancia térmica K, la radiación solar horaria sobre cada plano y orientación junto a la forma edilicia. El modelo se concibió en estado estacionario con una serie de simplificaciones como: se descarta el aporte solar por superficies opacas sean muros o techos, se verifica el edificio a las 13 hs salvo que la mayor parte de la superficie vidriada se encuentre en los cuadrantes este u oeste en cuyo caso se verifica la situación más desfavorable.

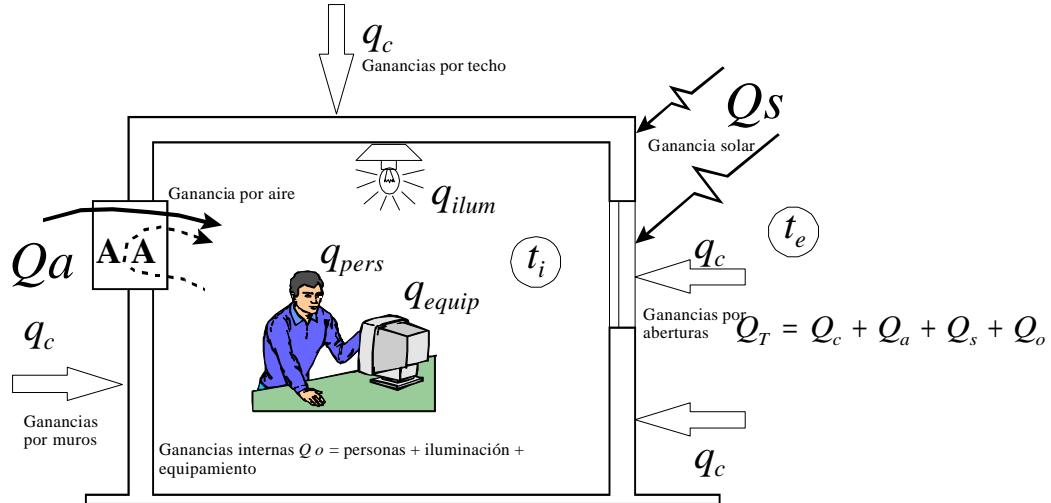


Figura 1: Ganancia de calor en un local en verano

Primero trataremos el procedimiento para la obtención del coeficiente volumétrico de refrigeración (G_R) de proyecto y luego el modelo con los coeficientes admisibles ($G_{R\text{ adm}}$) para un rango comprendido entre 30 °C a 40 °C de temperatura de diseño exterior y 30 a 1000 m³ de volumen refrigerado.

3.1. Cálculo del coeficiente volumétrico de refrigeración (G_R).

El valor del coeficiente volumétrico de refrigeración del edificio o local refrigerado, se calcula con la fórmula siguiente:

$$G_R = \frac{Q_T}{V} = \frac{Q_c + Q_s + Q_o + Q_a}{V} \quad [\text{Eq. 01}]$$

donde:

Q_T : Carga total en refrigeración

V : Volumen refrigerado en m³

Q_c : Carga térmica por conducción

Q_s : Carga térmica solar

Q_o : Carga térmica por ocupación

Q_a : Carga térmica por ventilación

3.2. Carga total en refrigeración:

$$Q_T = Q_c + Q_s + Q_o + Q_a \quad [\text{Eq. 02}]$$

Donde:

Q_T = Cantidad de calor total aportado al local analizado

Q_c = Cantidad de calor aportado por conducción a través de la envolvente del local

Q_a = Cantidad de calor aportado por el aire exterior

Q_s = Cantidad de calor aportado al local por el sol

Q_o = Cantidad de calor aportado por ocupación (personas + equipamiento + iluminación)

3.2.1. Ganancias por Conducción Q_c :

Tendremos que la ganancia de calor por conducción parcial q_c a través de la envolvente del local será:

$$Q_c = \sum q_c \quad [\text{Eq. 03}]$$

Donde:

K = Transmitancia térmica del cerramiento (muro, techo, piso, ventana, etc) en (kcal/m².h.°C o W/m².K).

A = Superficie del cerramiento en m²

t_e = Temperatura exterior de diseño en °C

t_i = Temperatura interior en °C

Tendremos así que la sumatoria de todas las pérdidas parciales q_c por conducción a través de la envolvente nos dará las pérdidas totales por conducción Q_c , según la siguiente ecuación:

$$q_c = K A (t_e - t_i) \quad [\text{Eq. 04}]$$

Al utilizar régimen estacionario es conveniente calcular la carga térmica por conducción con el procedimiento de la temperatura sol-aire. Encontramos que de cumplirse los requerimientos de la transmitancia térmica K establecidos en la Norma IRAM 11605 adoptando el promedio entre los niveles de calidad A y B es despreciable el efecto solar en superficies opacas.

3.2.2. Ganancia por aire exterior Q_A :

Este caso es bastante particular ya que en verano se supone al edificio “cerrado” para reducir pérdidas y ahorrar energía. Esto implica que es necesario ventilar una parte o la totalidad del aire interior, así tendremos que introducir al ambiente interior una importante masa de aire caliente y húmeda que el equipo de aire debe acondicionar. Este aire de renovación y recirculado contiene humos, partículas en suspensión y olores que son necesarios eliminar.

$$Q_A = CAR \times (0,29 \times \Delta t + 0,72 \times \Delta w) \quad [\text{Eq. 05}]$$

Donde:

CAR : Cantidad de aire a renovar en m³/h.pers. $CAR = \text{cantidad personas} \times \text{caudal aire}/\text{persona}$

Δt : diferencia entre temperatura exterior y temperatura interior

Δw : diferencia entre la humedad específica exterior e interior en g/kg

3.2.3. Ganancia Solar - Q_S :

Cuando existen superficies vidriadas en el local una parte de los aportes se deberá a la radiación del sol que al atravesar el cristal ingresa al local calentándolo. La radiación del sol varía con cada hora del día solar y también a lo largo de los meses del año. La expresión general para el cálculo de la carga debida al sol es:

$$Q_S = S \times I_S \times F_{GS} \quad [\text{Eq. 06}]$$

Donde:

Q_S : ganancia solar en W

S : superficie vidriada en m²

I_S : Intensidad de la radiación solar en W/m²

F_{GS} : Factor de ganancia solar del vidrio o la carpintería (adimensional 0 a 1)

Para el F_{GS} se está debatiendo que referencias tomar. Son opciones, valores aportados por mediciones realizadas en el INTI, Normas ASHRAE, Carrier, el fabricante de vidrios VASA o una consensuada combinación de estos. Se ha definido como valor mínimo $F_{GS} = 0,2$ que corresponde a un vidriado doble claro con celosía exterior de color medio.

3.2.4. Ganancia por Ocupación - Q_O :

En verano el aporte interno no es despreciable y en el caso de una oficina puede llegar a representar el 35 % de la carga total, siendo la suma del calor total por personas, más el calor sensible de la iluminación artificial, más el calor sensible de los artefactos de oficina (computadoras, impresoras, fotocopiadoras, etc). En su cálculo usaremos la siguiente expresión:

$$Q_O = Q_{PERS} + Q_{ILUM} + Q_{EQUIP} \quad [\text{Eq. 07}]$$

Donde:

Q_O : ganancia de calor interno por ocupación en W.

Q_{PERS} : ganancia de calor interno por personas; sensible + latente en W

Q_{ILUM} : ganancia de calor interno por iluminación; sensible en W

Q_{EQUIP} : ganancia de calor interno por equipamiento; sensible + latente en W

3.2.5. Otras ganancias internas de calor sensible:

Existen otros aportes internos debidos a los conductos de inyección y retorno de aire acondicionado. Es usual que estos se establezcan como un valor estimado porcentual. Existe otra penalización a agregar debida a la calidad en la construcción de los conductos de distribución y retorno y que en general se establece en 4 a 10% de la suma de calor sensible debida a conducción y efecto solar.

3.3. El modelo edilicio

Dado que se obtendrá un valor de $G_{R\text{ adm}}$ en relación al volumen refrigerado se propone este último como punto de partida en un rango que va desde una habitación de 30 m^3 (10 m^2) hasta una gran vivienda de 1000 m^3 (370 m^2). Se usa la altura de local mínima media según Códigos de Edificación de 2,70 m. Esto implica un volumen creciente a altura constante (figura 1). A partir de la figura geométrica generada se obtienen las superficies de la envolvente discriminadas (muros y techo).

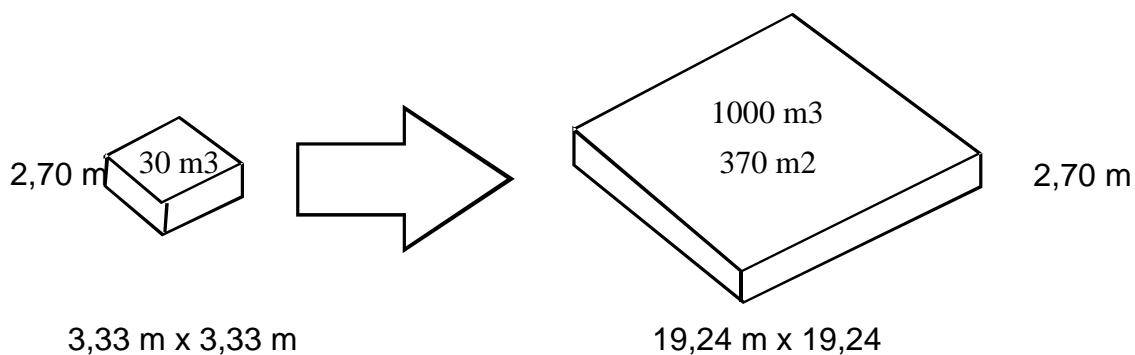


Figura 2: Modelo adoptado de volumen edilicio creciente.

Este modelo de crecimiento es simple pero desde lo bioclimático implica locales internos sin iluminación natural. Por esto nos encontramos trabajando en otro modelo de crecimiento que mantenga la posibilidad de iluminación y ventilación natural en los locales principales de una vivienda con fachadas principales norte sur.

Otro problema es definir las características y distribución por orientaciones de las superficies vidriadas. Esto es importante ya que mientras en el modelo de ahorro de energía en calefacción (IRAM 11604) no tiene en cuenta el aporte solar, en refrigeración esto no puede ignorarse.

Ahora bien. ¿Tomamos un % de superficie vidriada y la distribuimos de manera homogénea en su envolvente vertical? ¿Usamos algún otro criterio?

Adoptamos para viviendas que un 25% de la superficie envolvente sea vidriada. Esta relación la modificaremos cuando trabajemos en variaciones del modelo para otros usos y tipos edilicios (oficinas, comercios, bancos, cultura, etc).

Se adopta un modelo de distribución de los vidriados por orientación con un criterio bioclimático (IRAM 11603 inciso 6.2) cuando trata sobre asoleamiento de invierno, requisitos de verificación, orientaciones que permiten obtener un asoleamiento mínimo y recomendaciones sobre protecciones solares. (ver Tabla 1).

Tabla 1: Distribución de áreas vidriadas

| | Relación vidriado / opaco | |
|------------|---------------------------|-----------------------|
| | Sobre total envolvente | Sobre el 25% vidriado |
| Horizontal | 0,00 | 0,00 |
| Norte | 0,40 | 0,10 |
| Sur | 0,10 | 0,025 |
| Este | 0,25 | 0,0625 |
| Oeste | 0,25 | 0,0625 |
| Total | 1,00 | 0,25 |

3.4. Calidad térmica de la envolvente

La Norma IRAM 11605 sugiere tres niveles de calidad térmica para muros y techos, conocidos como niveles A – B y C. El nivel C lo descartamos ya que fue elaborado para ser implementado en viviendas de interés social y solamente previene el riesgo de condensación superficial. Luego de algunas pruebas encontramos que lo adecuado para cerramientos opacos es la media entre los niveles A y B. Esto implica un $K_{TECHO} = 0,335 \text{ W/m}^2\text{.K}$ y $K_{MURO} = 0,875 \text{ W/m}^2\text{.K}$ para una $t_e = 30^\circ\text{C}$ a un $K_{TECHO} = 0,315 \text{ W/m}^2\text{.K}$ y $K_{MURO} = 0,775 \text{ W/m}^2\text{.K}$ para una $t_e = 40^\circ\text{C}$. En cerramientos transparentes se adopta doble vidriado hermético (DVH) $K = 2,86 \text{ W/m}^2\text{.K}$ para todas las zonas del país.

3.5. Sobre referencia bioclimática

El grupo de Normas IRAM 11.601/3/4/5 usan varios criterios diferentes para adoptar un valor de referencia bioclimática del sitio donde se implantará el edificio. Así se utiliza la zona bioambiental que surge de una regionalización, la temperatura mínima de diseño, los grados día de calefacción. Para la situación de verano pueden utilizarse, la temperatura de diseño máxima de la IRAM 11603 o los grados día de enfriamiento que están en los antecedentes de dicha norma pero no se publicaron por razones varias. Utilizar los grados días de enfriamiento implica que debe modificarse la Norma IRAM 11603.

De cualquier manera se hizo un análisis comparativo del antecedente respecto de las necesidades de refrigeración en el territorio nacional y se concluye que hay un rango que va de los 100 $^{\circ}\text{D}_R$ en el norte de la patagonia (lat= 40° sur) a los 1000 $^{\circ}\text{D}_R$ en la zona chaqueño-formoseña (lat= 25° sur). Esto implica un rango de temperaturas de diseño máximas que va de los 30°C a 40°C. Mientras los grados día de enfriamiento aparecen como un indicador muy útil en la determinación de la carga térmica anual en refrigeración, con fines de economía y gestión ambiental de la energía, no es así en cuanto a verificar la calidad térmica y diseño ambiental de la envolvente; aunque estén relacionados.

Por esto y debido a que es habitual para los especialistas y técnicos de refrigeración usar la temperatura de diseño exterior se adopta esta.

3.6. Radiación solar:

La radiación solar es una componente significativa en la carga térmica de un local o edificio y no es sencillo encontrar una correlación de fácil implementación ya que en la Argentina a temperaturas estivales similares tenemos variaciones por latitud, altitud o amplitud térmica de cada sitio. Para obtener un modelo sencillo que se refleje en un solo gráfico o tabla de valores admisibles es necesario adoptar algún criterio que nos permita tratar a la radiación solar como una constante. Esto no descarta que pueda discutirse o proponerse otro criterio.

Así analizando los valores de radiación solar establecidos en la IRAM 11659-1 se buscó un criterio que pondere la radiación solar incidente en cada cara del edificio y a su vez contemple la variación en latitud y longitud. Otro problema es en que hora del día hacer la verificación, que fue un tema bastante debatido en la Subcomisión de Aislamiento Térmico de Edificios.

Para este modelo se adoptan los siguientes valores para las 13hs: Plano horizontal 736 W/m²; Norte 370 W/m²; Sur 268 W/m²; Este 268 W/m²; y 360 Oeste W/m².

Se adopta un factor de ganancia solar de 0,2 que implica la utilización de algún sistema o mecanismo que permita reducir la carga solar sobre las áreas vidriadas. Es un valor que puede alcanzarse con cortinas de enrollar o tipo Barrios exteriores, toldos o parapluies. Todos de uso muy frecuente en las ciudades del país.

3.7. Carga térmica por iluminación artificial

Se adoptó lo consensuado en la Subcomisión donde el 50% de las necesidades en iluminación se cubrirían con lámparas incandescentes (25 W/m²) y el resto con fluorescente (10 W/m²) con un factor de uso mínimo de 0,2. Los coeficientes de iluminación en W/m² se obtienen de la Norma IRAM 11659-1 para 250 lux. Se establece un mínimo ya que se supone que de poseer la vivienda protecciones solares fijas o móviles la iluminación natural será insuficiente para un mínimo confort con lo cual se deberá encender parte del alumbrado eléctrico.

3.8. Carga térmica por ocupación de personas y equipamiento:

En el caso de la carga térmica por personas se adoptó la relación lineal:

$$\text{Personas} = 0,0272 \times \text{Sup Hab} + 0,9483 \quad [\text{Eq. 08}]$$

; y 99 W/persona de calor total (sensible + latente). Para viviendas se recomienda una relación simplificada de dos habitantes por dormitorio más uno.

El aporte de calor total debido al equipamiento es un tema de debate, ya que hasta la fecha no se logró acuerdo sobre que coeficiente o rango de valores por tipo de edificio y nivel de ocupación e intensidad de uso debe ser utilizado. Por otra parte está la cuestión de definir si locales como la cocina entran o no en el análisis y con qué características de utilización. Por todo esto se decide no considerar aportes de calor por equipamiento en la determinación del G_R admisible.

Para la carga de calor total por renovaciones de aire se usa una tasa de ventilación sanitaria de 15 m³/h/persona.

4. ANÁLISIS DE RESULTADOS

Como ya mencionamos no es sencillo proponer un modelo de ahorro de energía en refrigeración lo suficientemente asequible para que pueda ser comprendido y utilizado por profesionales de la construcción del hábitat (arquitectos e ingenieros) con un mínimo de entrenamiento. Las curvas de las figuras 3 a 5 muestran los valores admisibles de G_R, carga térmica en refrigeración Q_R y carga térmica en refrigeración por superficie a climatizar S_R.

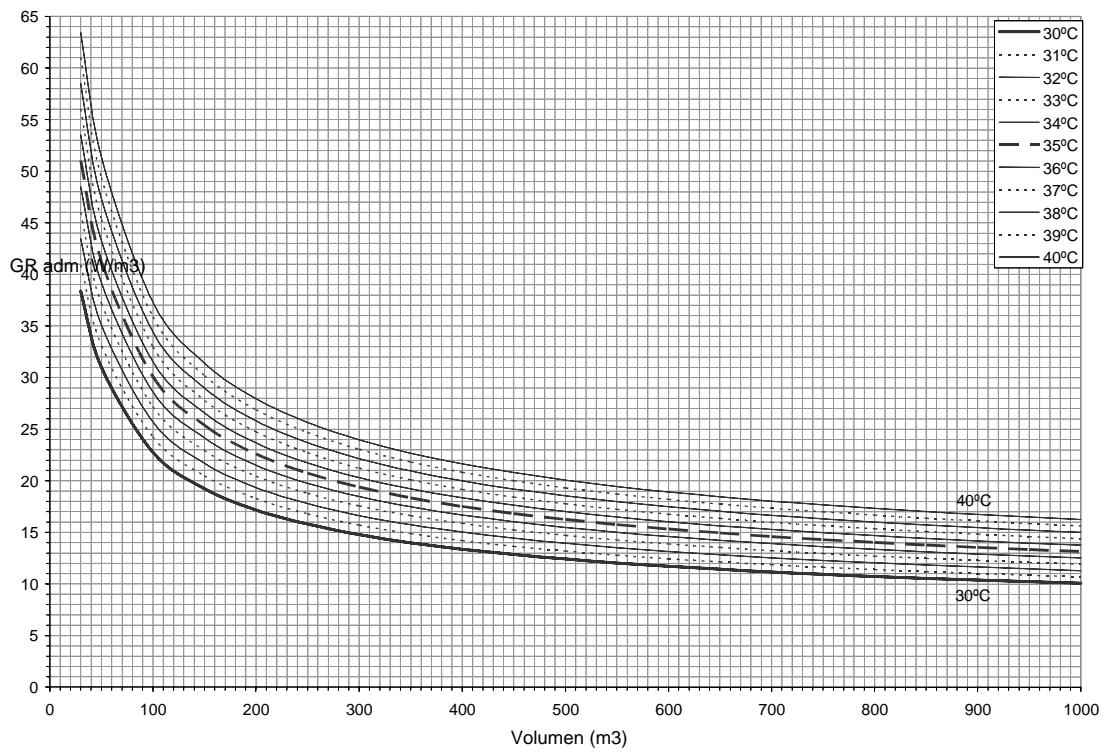


Figura 3: Valores admisibles de G_R para viviendas unifamiliares en W/m^3

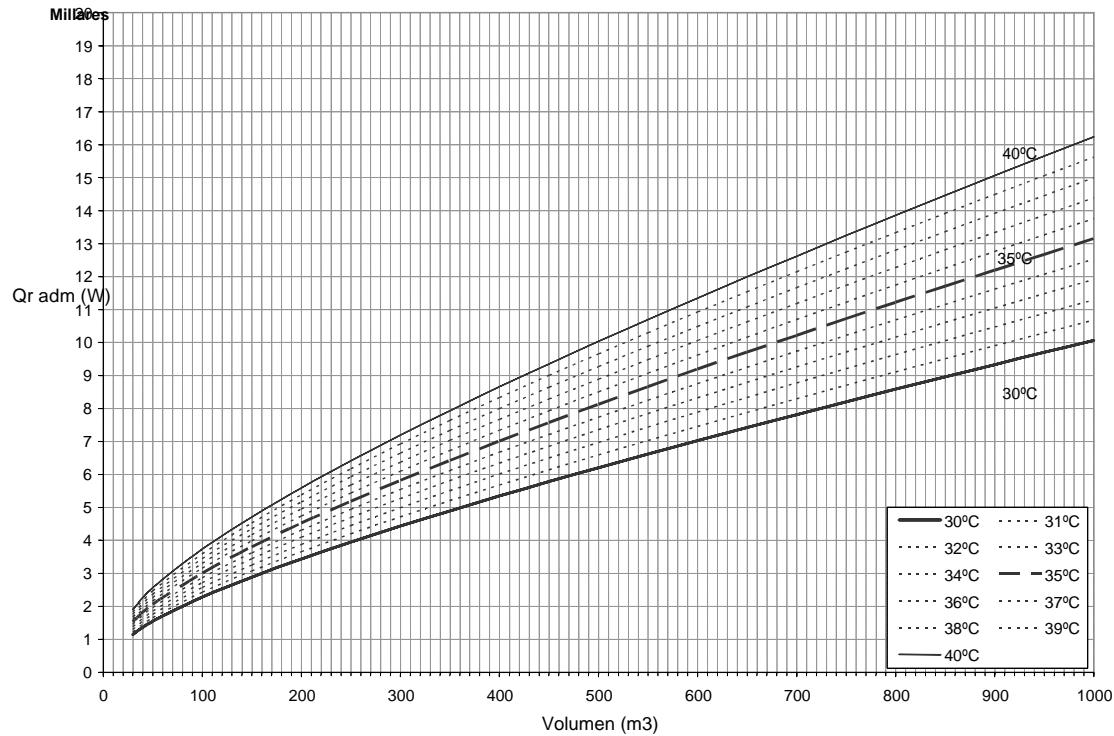


Figura 4: Valores admisibles de Q_R para viviendas unifamiliares en millares de W.

En todos los casos los valores se muestran en un rango comprendido entre 30 y 1000 m^3 a refrigerar y se dispone de curvas para un rango que va de 30°C a 40°C de temperatura exterior de diseño.

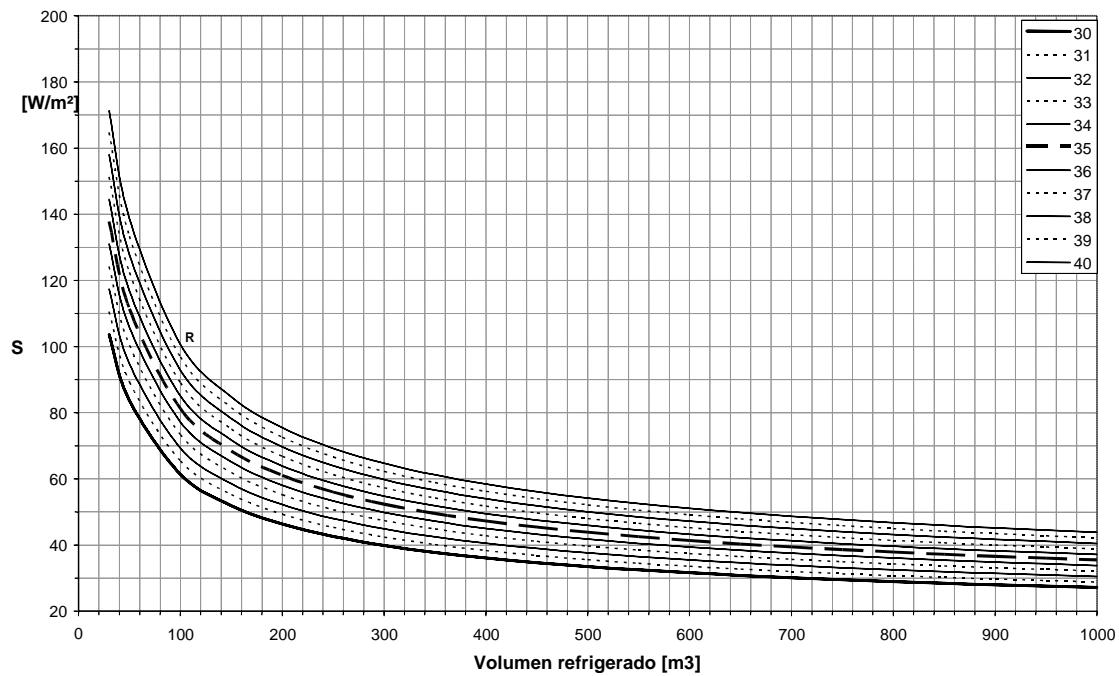


Figura 5: Valores admisibles de S_R para viviendas unifamiliares en W/m^2

5. CONCLUSIÓN

Los valores admisibles propuestos de carga térmica, coeficiente volumétrico global y superficial de pérdidas térmicas en refrigeración para edificios de viviendas, buscan establecer un valor de referencia. En este trabajo se exponen solamente las curvas para el tipo “casa” o vivienda unifamiliar y para el momento de su presentación se dispondrá de valores admisibles para otros tipos edilicios. Estos son el tipo “bloque” y tipo “torre”. Con estos tipos edilicios se pretende cubrir la casi totalidad de edificios para viviendas en Argentina.

Previo a la publicación de estas curvas que buscan sugerir un límite en la carga térmica en refrigeración de edificios, en este caso viviendas. Se compararon casos auditados, se propusieron ejemplos donde se cumple o no este antecedente normativo y como conclusión los resultados son razonables. La manera de validar el modelo es aplicándolo y luego elevar observaciones a la entidad normalizadora para que se debata en la subcomisión de acondicionamiento térmico de edificios. Creemos que es necesario comparar los valores obtenidos con escenarios similares planteados en régimen transitorio mediante el uso de programas de simulación numérica como Simedif, EnergyPlus y otros, pero es otra fase del trabajo.

En el año 2001 cuando preparábamos fichas teórico prácticas para los alumnos no imaginábamos que terminaríamos proponiendo valores de referencia para nuestro país. Esto surgió como inquietud al encontrar que todos los valores propuestos en la bibliografía de uso en el país y manuales de multinacionales del aire acondicionado eran inadecuados para nuestra realidad.

Esta búsqueda creemos haberla resuelto y esperamos que sea de utilidad para otras situaciones.

6. REFERENCIAS

Corredera Cecilia; Czajkowski, Jorge Daniel; et al. (2003). Análisis de las características energético-formales de edificios de oficinas en Buenos Aires. Anais ENCAC - COTEDI 2003, Curitiba, PR, Brasil. Pp 897.

Corredera Cecilia; Czajkowski, Jorge Daniel; et al. (2005). Comportamiento energético de oficinas tipo torre. Actas **Congreso Nacional de Arquitectura** – FAU - UNLP, La Plata, BA, Argentina. Pp 10.

Czajkowski, Jorge Daniel. (1995). Radiac 2.1. Programa para el cálculo de la radiación solar horaria para cualquier plano y orientación. <http://www.arquinstal.com.ar/bioclim/radiac2.exe>

Czajkowski, Jorge Daniel; Rosenfeld, Elias. (1993). Datos meteorológicos de 154 localidades de la República Argentina que incorporan variables bioclimáticas de uso normativo. Actas **16º Reunión de Trabajo de ASADES. 2do Encuentro Nacional de la International Asociation for Solar Energy Education**. La Plata.

Czajkowski, Jorge; Gentile, C; Stange, S; y Moreno, J.M. (1999). Condensación superficial en encuentros de planos verticales y horizontales en viviendas de uso permanente: su evaluación y diagnóstico". Anais del **V Encontro de Conforto no Ambiente Construido**.

Czajkowski, Jorge (2001/5). Aire Acondicionado II: Balance térmico verano. Modelo simplificado de cálculo de la carga térmica en refrigeración. TP N° 12. Cátedra instalaciones I-II. Facultad de Arquitectura y Urbanismo, UNLP. La Plata.

http://www.arquinstal.com.ar/publicaciones/tp2005/i2_tp12_2005_aa2_baltermver.pdf

Czajkowski, Jorge Daniel. (2001). Modelo de ahorro de energía en edificios para la República Argentina. Anais **ENCAC 2001**, San Pedro, SP, Brasil.

Czajkowski, Jorge Daniel; et al. (2003). Comportamiento energético ambiental de viviendas en el gran La Plata. **Avances en Energías Renovables y Medio ambiente**. Vol 7, N° 1, Pp 07.43. Argentina.

Czajkowski, Jorge Daniel; et al. (2003). Evaluación del comportamiento energético en viviendas urbanas auditadas en La Plata, Buenos Aires, Argentina. Anais **ENCAC - COTEDI 2003**, Curitiba, PR, Brasil. Pp 889.

Czajkowski, Jorge Daniel. (2004). Modelo de ahorro de energía en refrigeración. Aplicable a edificios del sector terciario: viviendas, administración, oficinas, comercios, educación y salud. Parte 2: Procedimiento de cálculo. Caso viviendas. Informe. 25 páginas.

IRAM, Instituto Argentino de Normalización (2002). **Norma 11601** - Aislamiento térmico de edificios. Métodos de cálculo. Propiedades térmicas de los componentes y elementos de construcción en régimen estacionario. www.iram.org.ar

----- (1996). **Norma 11603** - Acondicionamiento térmico de edificios. Clasificación bioambiental de la República Argentina.

----- (2001). **Norma 11604** - Aislamiento térmico de edificios. Verificación de sus condiciones higrotérmicas. Ahorro de energía en calefacción. Coeficiente volumétrico G de pérdidas de calor. Cálculo y valores límites.

----- (1996). **Norma 11605** - Acondicionamiento térmico de edificios. Condiciones de habitabilidad en edificios. Valores máximos de transmitancia térmica en cerramientos opacos.

----- (2000). **Norma 11625 y 30** - Aislamiento térmico de edificios. Verificación de sus condiciones higrotérmicas. Verificación del riesgo de condensación de vapor de agua superficial e intersticial en los paños centrales (25) puntos singulares (30) de muros exteriores, pisos y techos de edificios en general.

----- (2004). **Norma 11659-1** - Aislamiento térmico de edificios. Verificación de sus condiciones higrotérmicas. Ahorro de energía en refrigeración. Parte 1: Vocabulario, definiciones, tablas y datos para determinar la carga térmica de refrigeración.

----- (2006). **Esquema 4, 11659-2** - Aislamiento térmico de edificios. Verificación de sus condiciones higrotérmicas. Ahorro de energía en refrigeración. Parte 2: Viviendas.

6. AGRADECIMIENTOS:

A los miembros de la subcomisión de Acondicionamiento Térmico de Edificios del Instituto Argentino de Normalización por sus pertinentes sugerencias y comentarios. A los alumnos y docentes de la cátedra que desde el 2001 sirvieron de beta testers en la implementación del modelo que hoy es una Norma de alcance nacional surgida de las necesidades de un taller de instalaciones.