

APLICACION DE LOS PROGRAMAS CASAMO Y OASIS
A VIVIENDAS DE INTERES SOCIAL. COMPARACION
CON NORMAS IRAM VIGENTE Y EN DISCUSION

Rubén Rébora*, Vicente Volantino*,
Luis Giobergia*, Alicia Maronna*

RESUMEN

El objeto de este trabajo es comparar valores de cálculo obtenidos por dos programas de simulación (CASAMO-CLIM [1] y OASIS [2]) entre sí que permiten establecer un ordenamiento de distintas envolventes y a su vez compararlo con el ordenamiento que surge de aplicar la Norma IRAM 11605 vigente [3] y de la propuesta de Norma actualmente en discusión [4].

Los programas CASAMO-CLIM y OASIS, se basan en la modelización numérica de los fenómenos físicos que intervienen en la evolución de una vivienda. Permiten predecir la evolución de la temperatura y humedad relativa interiores (t_i y H_i) así como la temperatura resultante seca $t_{rs} = 1/2(t_i + t_{rm})$, donde t_{rm} es la temperatura radiante media).

CASAMO-CLIM fue concebido especialmente para ser utilizado en clima cálido [5] y validado experimentalmente en esas condiciones [6]. OASIS está orientado a incorporar el enfoque bioclimático al diseño de sistemas de climatización activos en tales climas [7].

Ambos programas se consideraron adecuados para ser utilizados en las condiciones de aplicación de la Argentina.

ALCANCE DEL TRABAJO

De acuerdo al contexto planteado en la introducción el estudio tuvo el siguiente alcance:

a) Clima: se utilizaron las condiciones climáticas de la Ciudad de Buenos Aires: Temperatura máxima: 32 C, Temperatura mínima: 23 C, Humedad relativa mínima: 40 %, Latitud: -34.5 (sur), Altura sobre el nivel del mar: 25 m, Día: 1° de Enero. Despejado

Se seleccionó esta ubicación porque la amplitud térmica es mínima y es esta la variable más importante para definir la posibilidad de utilizar la estrategia inercia-ventilación nocturna.

* División Habitabilidad -Departamento de Construcciones
(INTI) Instituto Nacional de Tecnología Industrial.
C.C. 157 - 1650 - San Martín - Buenos Aires

b) Diseño Geométrico: Se fijó un diseño geométrico utilizado habitualmente en la construcción de viviendas de interés social en la República Argentina. Se analizó el comportamiento de un dormitorio, ya que este es el local más crítico respecto de la sensación de confort. El área de planta es de 10 m^2 ($2.7 \text{ m} * 3.7 \text{ m}$). El techo es en pendiente con una altura en la cumbrera de 3.40 m y 2.40 m en el otro extremo.

c) Orientación: Se fijó una orientación favorable para el local a estudiar, con la ventana al norte. Se simuló un local ubicado en un extremo de la vivienda, con el techo y las fachadas norte y oeste expuestos. Las paredes sur y este son tabiques interiores que lindan con ambientes a la misma temperatura que el local simulado. La arista de la cumbrera pertenece al plano de la pared sur. Los lados cortos de la planta corresponden a las paredes norte y sur.

d) Ventana: Se utilizó una ventana de 1 m^2 . El tamaño de las aberturas en la construcción de viviendas de interés social está fuertemente condicionado por los costos, de forma que este es el tamaño más frecuentemente utilizado. La ventana se la supuso de un solo vidrio y protegida por cortinas interiores.

e) Colores de los muros: Se adoptaron colores moderadamente claros para los cerramientos verticales exteriores (coeficiente de absorción solar $\alpha = 0.5$) teniendo en cuenta el envejecimiento por bajo nivel de mantenimiento. Las superficies se supusieron también claras ($\alpha = 0.4$ menor envejecimiento), excepto el piso, al que se le asignó un color oscuro ($\alpha = 0.7$).

Al techo se lo supuso oscuro ($\alpha = 0.7$), pese que ésto está claramente contraindicado, dado que ésta es la práctica habitual en la Argentina y teniendo en cuenta las dificultades adicionales para mantener un bajo coeficiente de absorción en esta superficie.

f) Hábito de uso: Se supuso al dormitorio habitado por dos personas durante toda la noche y por una persona tres horas durante la tarde. Se asumió que las luces permanecían encendidas una hora y media durante la mañana y tres horas durante la noche. No se simularon otras fuentes internas. Se analizó la reacción del local a una ventilación nocturna moderada (10 vol/hora), y a una ventilación fuerte (50 vol/hora). Se asumió una infiltración parásita permanente de 2 vol/hora .

g) Tipos de envolvente: Se comparó el comportamiento de un sistema liviano y un sistema semipesado representativos de los utilizados en la construcción de viviendas de interés social. Se estudió además el comportamiento de una envolvente correspondiente a la construcción tradicional de la zona en viviendas de clase media. Las descripciones generales de estas envolventes son las siguientes:

1) Sistema liviano (SIL: paredes y techo constituidos por paneles tipo sandwich aluminio/poliestireno/aluminio con un peso por unidad de área $P = 5 \text{ kg/m}^2$, un espesor $e = 0.051 \text{ m}$, y una transmitancia global $K = 0.59 \text{ W/m}^2\text{C}$.

2) Sistema semipesado (SISP): paredes y techo constituidos por paneles huecos de hormigón de alta densidad. El espesor de las capa interna y externa es de 0.02 m cada una. La cámara es de 0.10 m en

Las paredes y 12 m en el techo y está rellena con una mezcla de cemento, arena y copos de poliestireno. Las características para las paredes son $P = 151 \text{ kg/m}^2$, $e = 0.14 \text{ m}$, $K = 1.06 \text{ W/m}^2\text{C}$. Tabiques interiores son de hormigón denso de 0.08 m de espesor.

3) Sistema tradicional (STRAD): paredes de mampostería macizas. Características $P = 450 \text{ Kg/m}^2$, $e = 0.30 \text{ m}$, $K = 2 \text{ W/m}^2\text{C}$. Techo de madera y tejas. Tabiques interiores de mampostería hueca de 0.10 m de espesor. Sobre este esquema básico se simularon las siguientes variantes:

- a) Cielorraso suspendido en material desplegado con espacio de ático estanco (infiltración parásita de 1 vol/hora).
- b) Idem anterior con espacio de ático ventilado (50 vol/hora).
- c) Idem con ático muy fuertemente ventilado (500 vol/hora).

De estas tres variantes, el esquema a) es el más común. Los esquemas b) y c) se incluyen para comparar los programas en todo el rango de simulación de ventilación del ático. El esquema base se incluye porque es bastante frecuente y para ubicarlo como límite superior de las otras alternativas.

Todos los sistemas tienen piso denso apoyado sobre el terreno natural. Sin embargo se simuló para el SIL una variante con el piso aislado, para visualizar el efecto de la masa térmica en este caso particular.

Para observar la diferencia con el comportamiento en evolución natural se simuló la respuesta de todos los sistemas cuando la temperatura interior se mantiene a 25 C durante todo el día. En este caso se asumió un régimen de infiltraciones de aire de 2 vol/hora.

METODOLOGIA

Cada caso de estudio se simuló simultáneamente con CASAMO y OASIS.

Para analizar los resultados se utilizaron los siguientes indicadores:

a) Evolución natural: Valores extremos y hora de ocurrencia de temperatura del aire interior (Tbs), temperatura resultante seca (Trs), y humedad relativa interior (Hri).

b) Temperatura interior constante: Valores extremos y horas de ocurrencia de la potencia de la carga térmica.

Valores de la carga térmica diaria.

5) Para establecer el ordenamiento de las envolventes según la Norma IRAM 11605, se calcularon los coeficientes de transmitancia térmica de las paredes y techos, los cuales se compararon con los valores de transmitancia térmica máxima admisible (KMA) estipulados en la Norma. Luego, se obtuvieron las diferencias porcentuales respecto de los KMA, la cual permitió efectuar una clasificación de los distintos sistemas constructivos estudiados.

En cuanto al ordenamiento obtenido con la propuesta de Norma, la metodología seguida fue similar a la descripta para la Norma IRAM vigente, pero utilizando los valores de KMA correspondientes a la propuesta. Además, se consideró la influencia de la masa interior, para poder comparar en el caso de los sistemas livianos, cuando

poseen piso denso con aislación y sin ella. Por último, también se consideró el comportamiento de los espacios de ático con los niveles de ventilación establecidos.

COMPARACION DE RESULTADOS

Evolución natural

Temperaturas

Las tablas 1 y 2 muestran los resultados obtenidos para los casos simulados con ventilación del local moderada.

Como se observa en la Tabla 1 las diferencias entre las temperaturas máximas de bulbo seco que predicen ambos programas difieren en casi todos los casos en menos de 2.0 C, llegando a los 2.4 C para el caso SIL piso liviano. Las mayores diferencias se obtienen para las configuraciones que dan las temperaturas máximas mayores. Todas las variantes sobre el sistema liviano se encuentran en este grupo.

Las diferencias en la predicción de las temperaturas mínimas es siempre menor a 1 C. CASAMO dio mínimas menores que OASIS en todos los casos.

La Tabla 2 muestra resultados análogos para la temperatura resultante seca.

Humedad relativa

En este caso CASAMO da resultados sistemáticamente por defecto. Esto es esperable ya que al seleccionar la metodología de trabajo se decidió asegurar la equivalencia de los datos sobre calor sensible, como consecuencia de lo cual se ingresaron niveles de metabolismo en los ocupantes mayores en OASIS. Esto supone un mayor aporte de humedad.

De todas formas, teniendo en cuenta que la variable tiene una importancia secundaria entre límites amplios, las diferencias parecen perfectamente aceptables.

Desfasajes en el tiempo

Los desfasajes de los valores extremos de temperatura nunca fueron mayores de una hora (Tablas 1 y 2), y aparecieron más frecuentemente en las máximas, lo cual es esperable ya que el fenómeno es mucho más complejo a esa hora (mayores diferencias de temperatura, radiación solar). CASAMO dio siempre las máximas antes que OASIS. Esto, sumado a las diferencias en la predicción de las mínimas implica que OASIS otorga mayor inercia al local que CASAMO.

Los desfasajes en los valores extremos de humedades relativas son mayores. Esto es esperable debido a la no equivalencia de los datos sobre aporte de humedad de los ocupantes.

TABLA 1. COMPARACION DE RESULTADOS
Evolución natural.Ventilación nocturna del local moderada
Temperatura de bulbo seco

SISTEMA/ VARIANTE	PROG	MAXIMA				MINIMA			
		VALOR (C)	DIF. (C)	HORA (h)	DIF. (h)	VALOR (C)	DIF. (C)	HORA (h)	DIF. (h)
SIL	CASA	34.8	1.6	14	-1	24.3	-0.5	5	0
	OASI	33.2		15		24.8		5	
SISP	CASA	30.1	-0.3	17/18	0	25.6	-0.8	6	0
	OASI	30.4		18		26.4		6	
STRAD SIN CIELORRASO	CASA	35.4	1.8	14	0	25.1	-0.7	5	0
	OASI	33.6		14/15		25.8		5	
STRAD ATICO ESTANCO	CASA	31.6	-0.1	14	-1	25.1	-0.9	5	0
	OASI	31.7		15		26		5	
STRAD ATICO VENTILADO	CASA	31.1	0.7	14	-1	25.	-0.9	5	0
	OASI	30.4		15		25.9		5	
STRAD ATICO MUY VENTILADO	CASA	31	1.0	14	-1	24.9	-0.6	5	0
	OASI	30		15		25.8		5	
SIL PISO LIVIANO	CASA	37.4	2.4	14	-1	23.8	-0.4	5	0
	OASI	35		15		24.2		5	

TABLA 2.COMPARACION DE RESULTADOS
Evolución natural.Ventilación nocturna del local moderada
Temperatura resultante seca

SISTEMA/ VARIANTE	PROG	MAXIMA				MINIMA			
		VALOR (C)	DIF. (C)	HORA (h)	DIF. (h)	VALOR (C)	DIF. (C)	HORA (h)	DIF. (h)
SIL	CASA	34.9	1.7	14	-1	24.4	-0.5	5	0
	OASI	33.2		15		24.9		5	
SISP	CASA	30.1	-0.2	18	0	26.2	-0.6	6	0
	OASI	30.3		18/19		26.8		6	
STRAD SIN CIELORRASO	CASA	34.5	0.8	14	0	26.0	-0.1	5	0
	OASI	33.7		14		26.1		5	
STRAD ATICO ESTANCO	CASA	31.1	-0.6	14	-1	26	-0.3	6	1
	OASI	31.7		15		26.3		5	
STRAD ATICO VENTILADO	CASA	30.6	0.4	14	-1	25.7	-0.5	5/6	0
	OASI	30.2		15/17		26.2		5/6	
STRAD ATICO MUY VENTILADO	CASA	30.6	0.8	15	0	25.7	-0.4	5/6	0
	OASI	29.8		15/18		26.1		5	
SIL PISO LIVIANO	CASA	37.6	2.5	14	-1	23.8	-0.4	5	0
	OASI	35.1		15		24.2		5	

Sensibilidad a modificaciones en las variables de diseño

Para saber hasta que punto las discrepancias son aceptables es necesario examinar con mayor detalle que implicancias tienen sobre las variables de diseño. En este trabajo se analizaron variantes sobre tres variables de diseño: ventilación del ático, ventilación del local y características térmicas de la envolvente (masa y resistencia térmica).

a) Efecto del conjunto cielorraso-ático ventilado:

Ambos programas coinciden en el ordenamiento de las variantes sobre el sistema STRAD respecto de la máxima de las temperaturas interior y resultante. CASAMO estima el efecto global del conjunto cielorraso-ático ventilado en 4.4 C de reducción de la máxima. OASIS estima el efecto en 3.6 C. Es más importante, sin embargo, la diferencia en el peso relativo que cada programa asigna a cada variante. Existe una diferencia importante entre ambos: CASAMO induce a suponer que el efecto de la ventilación es marginal frente a la presencia del cielorraso, mientras que OASIS asigna casi la misma importancia a la presencia del cielorraso que a la ventilación ulterior del ático.

Los resultados obtenidos por OASIS se corresponden mejor con los métodos convencionales de cálculo de resistencias térmicas de espacios de ático ventilados (6) y resultados experimentales recientes (7).

b) Efecto de la ventilación del local:

Ambos programas predicen un efecto similar al pasar de una ventilación moderada a intensa de (10 vol/hora a 50 vol/hora). Como en los casos anteriores la mayor discrepancia corresponde al sistema liviano.

Se encontró además la reducción de las temperaturas interiores extremas respecto de los valores de la tabla 1, calculada por cada programa, habiéndose observado que, la concordancia respecto de la sensibilidad de cada variante al cambio en el régimen de ventilación es buena.

c) Efecto de las características térmicas de la envolvente:

La tabla 3 muestra el ordenamiento que resulta de cada programa de acuerdo a la máxima temperatura interior. En *itálicas* están señalados los casos para los cuales esta temperatura resulta mayor que la máxima del aire exterior. Como se ve, hay una sola inversión en el ordenamiento que producen ambos programas, que se produce entre los dos sistemas que dan la máxima más baja. Esta discrepancia se corresponde con la importancia menor que CASAMO le otorga a la ventilación del ático.

Ambos programas coinciden respecto de las tres variantes que resultan en una máxima por encima de la exterior. Desde el punto de vista del diseño esta concordancia es más importante que la diferencia en el valor absoluto calculado, ya que por encima de la temperatura exterior la sobreelevación puede atenuarse con ventilación diurna. (lo cual no fue simulado).

TABLA 3. ORDENAMIENTO DE LOS SISTEMAS Y VARIANTES
Máxima temperatura interior decreciente.
Ventilación del local moderada

CASAMO	OASIS
SIL PISO LIVIANO	SIL PISO LIVIANO
STRAD SIN CIELORRASO	STRAD SIN CIELORRASO
SIL	SIL
STRAD ATICO ESTANCO	STRAD ATICO ESTANCO
STRAD ATICO VENTILADO	STRAD ATICO VENTILADO
STRAD ATICO MUY VENTILADO	SISP
SISP	STRAD ATICO MUY VENTILADO

Como ya se mostró la concordancia respecto de los valores mínimos es buena (menos de 1 C de diferencia), así como la predicción sobre horas de ocurrencia de los valores extremos. Ambos programas ordenan de la misma forma las variantes por tiempo de desfase entre máxima temperatura exterior e interior. En particular ambos calculan en 4 horas este desfase para SISP.

De este análisis surge que la concordancia respecto del efecto de las características térmicas de la envolvente es buena, reteniendo la observación que CASAMO penaliza significativamente más a los sistemas que dan temperaturas máximas altas.

d) Ordenamiento de los sistemas en función de las características térmicas de la envolvente

En la Tabla 4 se observa el ordenamiento de los sistemas que resulta de seguir los lineamientos establecidos en la Norma IRAM 11605 vigente y la propuesta de Norma actualmente en discusión.

Se deduce del ordenamiento obtenido según Norma IRAM 11605, que esta considera al sistema liviano (SIL) como el de mejor comportamiento sin discriminar el hecho de poseer piso aislado o sin aislar. Esto se debe, a que no considera el efecto producido por la masa interior.

TABLA 4

NORMA IRAM 11605	PROPUESTA DE NORMA
STRAD s/CIELORRASO	SIL PISO LIVIANO STRAD s/CIELORRASO
STRAD C/ATICO ESTANCO + ATICO VENT. + ATICO MUY VENT.	STRAD C/ATICO ESTANCO
SISP	SIL
SIL SIL PISO LIVIANO	SISP

Por otra parte, no hace diferenciación en cuanto a la ventilación del ático del sistema tradicional. La propuesta de norma, define un ordenamiento que puede considerarse más acorde con los obtenidos por CASAMO y OASIS, ya que contempla el efecto de la masa interior y el fenómeno de ventilación del ático en forma cualitativa.

Tanto la Norma vigente como la propuesta en discusión, son exigentes con respecto a la característica térmica del techo. Esto origina que los sistemas tradicionales en general (STRAD) estén por encima de los límites admisibles.

CONCLUSIONES

Ambos programas coinciden en muchos aspectos, lo cual permite inferir pautas de diseño para las condiciones climáticas de Bs.As., ofreciendo además elementos de juicio adicionales que permitirían discernir sobre la controversia generada en torno de la Norma IRAM vigente. Los más importantes son los siguientes:

- Cuando se puede garantizar ventilación cruzada del local, los sistemas pesados son térmicamente más convenientes. Aún con ventilación moderada resultan, en condiciones de utilización continua preferibles.
- Para sistemas livianos, los pisos densos son muy importantes para compensar el desequilibrio masa-aislación del local.
- La carga térmica del techo es un factor fundamental de discomfort. Debe tenerse especial cuidado en proveer la aislación adecuada de este componente para mantener el equilibrio mencionado en el punto anterior.
- La Norma vigente no le otorga importancia a la masa de los muros ni tiene en cuenta el efecto de la masa del piso. Si bien la propuesta en discusión tiene algunas limitaciones, le da una importancia a la masa más acorde a lo que se obtiene con las simulaciones.
- Cabe destacar la exigencia existente sobre la transmitancia térmica del techo tanto en la Norma IRAM como en la propuesta.

REFERENCIAS

- [1] CASAMO-CLIM. Manuel d'utilisation 1989. Centre d'énergetique. Ecole des Mines de Paris.
- [2] OASIS. Simulation du comportement thermique d'un bâtiment et du système de traitement d'air associé. Dialogic S.A. Paris.
- [3] Norma IRAM 11605 "Acondicionamiento térmico de edificios".
- [4] Normas mínimas de Habitabilidad Higrotérmica. Propuesta del Departamento de Construcciones. INTI.
- [5] D. Campana, F. Neirac, G. Watremez "Elaboration d'un logiciel sur microordinateur pour l'aide à la conception en pays tropical sec". Centre d'énergetique. Ecole des Mines de Paris.
- [6] M. Farah. "Contribution à la validation expérimentale du logiciel CASAMO-CLIM". Centre d'énergetique. Ecole des Mines de Paris.
- [7] "OASIS-Logiciel d'aide à la conception climatique des bâtiment et des systèmes en pays chauds". Rapport final. Programme Rexcoop. Paris-1986.