



6 a 8 de outubro de 2010 - Canela RS

**ENTAC 2010**

XIII Encontro Nacional de Tecnologia  
do Ambiente Construído

## **APORTE A LA EFICIENCIA ENERGÉTICA A PARTIR DE UN ESTUDIO DE CASOS DE LAS CONDICIONES DE CONFORT TÉRMICO Y VISUAL EN EDIFICIOS PÚBLICOS EN CLIMA TEMPLADO**

**Alicia Picción (1); Magdalena Camacho (2); Gabriel Cheirasco (3); María Noel López (4); Sara Milicua (5)**

- (1) Instituto de la Construcción- Departamento de Clima y Confort en Arquitectura– Facultad de Arquitectura– Universidad de la República – e-mail: apiccion@farq.edu.uy
- (2) Instituto de la Construcción- Departamento de Clima y Confort en Arquitectura– Facultad de Arquitectura– Universidad de la República – e-mail: mcamacho@farq.edu.uy
- (3) Instituto de la Construcción- Departamento de Clima y Confort en Arquitectura– Facultad de Arquitectura– Universidad de la República – e-mail: cheirasco@gmail.com
- (4) Instituto de la Construcción- Departamento de Clima y Confort en Arquitectura– Facultad de Arquitectura– Universidad de la República – e-mail: marialop@farq.edu.uy
- (5) Instituto de la Construcción- Departamento de Clima y Confort en Arquitectura– Facultad de Arquitectura– Universidad de la República – e-mail: smilicua@farq.edu.uy

### **RESUMEN**

La investigación propone un primer acercamiento al tema del confort térmico y visual y su relación con la eficiencia energética en edificios públicos de uso discontinuo destinados a enseñanza y a oficinas. Las características climáticas de la localidad, las estrategias de diseño adoptadas y las cargas internas junto con los patrones de uso del edificio y sus equipamientos, definen la demanda de energía para lograr el confort térmico y visual. Objetivo: El propósito de esta investigación es contribuir con la definición de estándares térmicos para el diseño y funcionamiento de este tipo de edificaciones en nuestro clima, determinando las condiciones interiores deseables, así como establecer cuáles son los problemas planteados por el diseño de la iluminación que afectan tanto al confort visual como al consumo de energía eléctrica. Metodología: Durante el período caluroso se estudiaron experimentalmente cuatro edificios, con diferencias en cuanto a zona climática (Montevideo y Salto), resoluciones tipológicas y usuarios (acostumbrados a ambientes natural y/o artificialmente acondicionados). Basados en el enfoque adaptativo de confort térmico, se adquirieron datos relacionados al ambiente térmico y lumínico, de la respuesta de las personas acerca de las condiciones en las que trabajan y sus preferencias y de las acciones que realizan para lograr confort, en ambos aspectos. Resultados: Se correlacionaron las mediciones con las respuestas recibidas para determinar un rango de temperaturas de confort y analizar su influencia sobre el consumo de energía eléctrica del edificio. El país está desarrollando un Proyecto Nacional de Eficiencia Energética por lo que se trata de fortalecer la sinergia entre la investigación y los lineamientos políticos y reglamentarios, aportando resultados en la materia.

Palabras claves; confort térmico, visual, edificios públicos. Eficiencia energética

# 1 INTRODUCCIÓN

## 1.1 Definiciones de confort térmico

El confort térmico es un fenómeno complejo ya que intervienen parámetros interiores y exteriores del ambiente pero también la percepción que tiene el sujeto de ese ambiente. Por tanto la satisfacción térmica de una persona con un ambiente interior depende de un buen número de variables.

Después de décadas de estudios orientados a entender el comportamiento térmico del cuerpo humano y su relación con la salud y el confort térmico, todavía se discute sobre la definición del rango de confort de acuerdo a la diversidad de condiciones del contexto.

En la obra "Thermal Comfort", Fanger presentó la ecuación del "voto medio previsto". El PVM establece una tensión térmica, basada en la transmisión de calor en régimen estacionario, entre el cuerpo y el ambiente y asigna un voto de confort a esa cantidad de tensión. Fanger afirmó que su PVM funciona para cualquier persona, en cualquier lugar, pero estudios de campo mostraron que las preferencias térmicas de las personas también tienen un componente geográfico, entre otros factores. En la realidad la persona no está en equilibrio uniforme sino en equilibrio dinámico, cambia su ropa, su actividad o si es posible modifica o adapta el ambiente de acuerdo a las posibilidades. Por lo tanto la sensación de neutralidad térmica del voto previsto no coincide necesariamente con la sensación de confort o de preferencia térmica. Diversos estudios de campo, (Auliciems, 1981,1986; Nicol, 2002, De Dear, 1997; González, 2001) establecieron una fuerte dependencia estadística de las neutralidades térmicas ( $T_n$ ) para los niveles medios de temperatura del aire exterior, dicho de otro modo, la temperatura de confort está fuertemente relacionada con la temperatura exterior media registrada para personas en edificios con acondicionamiento natural Mientras que para personas en edificios que son acondicionados artificialmente esta relación es más compleja porque el clima interior está disociado del exterior. Esta es la razón por la que hay que definir estándares propios y apropiados, en lugar de promover la utilización de energía para mantener las condiciones de confort de un espacio debido a límites tan estrictos o inapropiados. Para el enfoque adaptativo - que desarrollan los autores nombrados, entre otros, - el principio básico dice que: "si ocurre un cambio tal que produce disconfort, las personas reaccionan, tendiendo a restablecer su confort". De este modo los ocupantes que tienen mayor posibilidad de adaptar el ambiente a sus necesidades o acceder a los mecanismos de control (abrir una ventana) serían más 'indulgentes' hacia las condiciones que brinda el edificio. Por lo tanto el rango de condiciones consideradas confortables se ve afectado, también, por las características del edificio y las oportunidades de adaptación que tienen los ocupantes, aunque ha sido difícil cuantificar la relación entre oportunidad de adaptación que tiene el ocupante con la disponibilidad y accesibilidad de controles en el edificio. Para definir y calcular la temperatura de confort es necesario encontrar la relación entre temperatura interior y el voto de confort tomando en cuenta que las personas se adaptan continuamente al ambiente que lo rodea, aplicando el Análisis Estadístico de Componente principal (ACA), según Humphreys y Nicol, citado en (McCartney and Nicol, 2002).

## 1.2 El Confort en los edificios públicos en Uruguay

El parque edilicio público se puede subdividir en tres sectores: Salud, Administración y Educación. En el proceso proyectual, el confort del usuario y la eficiencia energética normalmente han sido olvidados o desplazados a segundo término. Decisiones acerca de la forma y orientación del edificio, las características de la envolvente, son tomadas sin tener en cuenta su repercusión en el confort del usuario y en el desempeño térmico y lumínico del edificio. Parte de esta estructura edilicia ha ido evolucionando y ampliándose en función de necesidades coyunturales, sin mucha atención a las condiciones ambientales creadas y/o con escasa relación con el contexto climático donde se ha ubicado. Se han creado en consecuencia situaciones de desequilibrio en las condiciones térmicas y lumínicas interiores, e incluso en la habitabilidad, que implican irracionalidad de gastos y consumo de recursos. A pesar de estos cambios edilicios importantes, no se ha evaluado si las propuestas han impactado satisfactoriamente en el confort de los ocupantes, ni su relación con el consumo de energía e impactos económicos y ambientales asociados.

El Ministerio de Industria, Energía y Minería, MIEM, instrumentó un Plan de Ahorro de Energía Eléctrica (2008), donde obliga a que cada organismo público establezca el horario de encendido y

apagado del aire acondicionado en sus oficinas y el set point de los equipos siempre que la temperatura externa sea inferior a 18°C o superior a 24°C. Asimismo considera un rango de confort entre 19 y 24 °C y aclara que en verano la temperatura interior no debe ser inferior a 19°C y en invierno no mayor a 24°C. ¿En función de qué criterios o estudios ha sido establecido este rango de confort? La política de ahorro energético apunta además a suspender el uso de los equipos de aire acondicionado y calefacción eléctrica en edificios públicos. El plan no fue exitoso ya que no se redujo el consumo de energía en el porcentaje esperado. alguna de las posibles explicaciones es que las acciones no se ajustaban al comportamiento térmico de los edificios o a las expectativas de confort de los usuarios.

### **1.3 Situación energética en el Uruguay**

El Uruguay posee una matriz energética dependiente del petróleo importado y ha logrado el aprovechamiento prácticamente total del recurso hidroeléctrico. El 46% del consumo total de energía proviene de productos derivados del petróleo. El sector edificación en su conjunto consume el 31% del total de energía producida, correspondiendo 23% a la residencia y 8% a servicios y comercio (fuente DNTEN 2008). En programas complejos –comercios, hoteles, oficinas, hospitales- el consumo se multiplicó más de 11 veces en los últimos 40 años. En el verano de 2008 se registró un aumento en el consumo de energía eléctrica, que sumado a los bajos caudales en las represas hidroeléctricas, desencadenó en la implementación del plan de ahorro energético.

### **1.4 Eficiencia Energética en el país**

La modificación en los estándares de calidad de vida de la población y/o en pautas de consumo, se acompaña con el incremento en la demanda energética. Esta situación no sólo se puede solucionar del punto de vista de la oferta de energía, sino que también se debe controlar el aumento de la demanda. Es en este punto que el uso eficiente de la energía puede ser considerado una fuente energética más.

El Proyecto de Eficiencia Energética (MIEM, DNETN 2005) es un programa de alcance nacional orientado a mejorar el uso de la energía por parte de los usuarios finales de todos los sectores económicos. Para hacerlo, se desarrollan distintas acciones orientadas a generar conciencia sobre los beneficios del uso eficiente de la energía y fomentar la incorporación de técnicas y de equipamientos energéticamente eficientes. Entre ellas, las decisiones proyectuales que toman los técnicos, arquitectos, ingenieros, tienen relación directa en el comportamiento térmico y energético de los edificios. Las acciones a implementar deben ir acompañadas de investigación que permita efectivizar el uso eficiente de la energía, por lo que creemos necesario comenzar a estudiar edificios públicos complejos, determinar cuál es el rango de confort térmico adecuado para invierno y verano para sus usuarios (funcionarios y público), cuáles son las acciones más adecuadas para este tipo de usuarios. Dada la estrecha relación de las estrategias de diseño arquitectónico con el acondicionamiento térmico y el lumínico de un edificio y debido a las implicancias que tiene la iluminación natural sobre el confort visual y el uso de energía, también se profundizará sobre esos aspectos.

### **1.5 Características climáticas y de los edificios seleccionados:**

Según la clasificación de Köpper a Uruguay le corresponde la clasificación climática cfa; c por ser templado húmedo; f, debido a que tiene precipitaciones durante todo el año, a, porque la temperatura del mes más cálido es superior a 22°C. Esta investigación toma como referencia dos ciudades de Uruguay, Montevideo y Salto. Según la norma de Zonificación Climática UNIT 1026:99, Montevideo se localiza en la latitud -34°50' y pertenece a la zona templada fría. Salto se localiza en la latitud -31°38' y pertenece a la zona cálida. De acuerdo a las Normales climatológicas de Uruguay (DNM, 1996) para Montevideo la temperatura media en el período caluroso es 22.3°C, la mínima media es 17.4°C y la máxima media es 27.5°C y para Salto la temperatura media en el período caluroso es 25°C, la mínima media es 18.7°C y la máxima media es 31.5°C.

Se estudian cuatro edificios públicos: dos edificios de oficina climatizados artificialmente (Sucursal 19 de Junio del Banco de la República BROU en Montevideo y la Sucursal del Banco Hipotecario BHU en Salto) y dos edificios de enseñanza, ambos de la Universidad de la República, el primero acondicionado naturalmente y el otro climatizado artificialmente en verano (Facultad de Arquitectura en Montevideo y Edificio de la Regional Norte en Salto). Ver figuras 1 y 2.



Fig. 1. Banco Hipotecario sucursal y edificio Regional Norte ambos en Salto



Fig. 2. Banco República sucursal 19 de Julio y Facultad de Arquitectura en Montevideo

## 2 OBJETIVO

La investigación propone un primer acercamiento al tema del confort térmico y visual y su relación con la eficiencia energética en edificios públicos de uso discontinuo destinados a enseñanza y a oficinas. El objetivo es contribuir con la definición de estándares térmicos para el diseño y funcionamiento de este tipo de edificaciones en la situación climática considerada, así como establecer cuáles son los problemas planteados por el diseño de la iluminación que afectan tanto al confort visual como al consumo de energía eléctrica. El análisis a partir de los parámetros ambientales y la satisfacción de los ocupantes aplica el principio adaptativo del confort y las respuestas que se obtienen de individuos que trabajan en edificios acondicionados naturalmente y en edificios con acondicionamiento artificial. Es en este sentido donde la investigación en arquitectura puede dar sus mejores resultados.

El propósito de este artículo es presentar los avances parciales de la investigación, evaluando las condiciones de confort térmico y lumínico para el período caluroso en los casos de estudio.

### 3 METODOLOGIA

El desempeño térmico de los edificios con relación al confort térmico y la eficiencia energética resulta de la interacción dinámica de tres variables: clima, edificio y usuario. Es por ello que el conocimiento profundo de la realidad, punto de partida de este estudio, debe necesariamente abordar estos tres aspectos.

**Clima:** Las variables climáticas de temperatura, humedad relativa y dirección y velocidad del viento y niveles de iluminación se relevaron y sistematizaron a través de mediciones de campo para la contrastación con los datos interiores colectados simultáneamente.

**Edificio:** Se estudiaron las características tipológicas de los edificios (características de la envolvente, vinculación y distribución de espacios y patrones de usos de los espacios), sistematizadas en fichas de relevamiento. Se monitorearon las principales variables del ambiente interior (temperatura, humedad y velocidad del aire, temperaturas de las superficies interiores y nivel de iluminación del los locales a nivel de plano de trabajo), en el período caluroso.

**Usuario:** en este estudio el usuario es el centro de la investigación. Se realizaron 124 encuestas de confort en el período caluroso, las preferencias en relación con el ambiente construido y las acciones adaptativas, en simultáneo con los estudios del edificio.

**Instrumental utilizado:** temperatura y humedad relativa del aire interior colectada con registradores autónomos Onset-Hobo H8 ubicados en el centro del local y Hobo H8pro para temperatura y humedad relativa del aire exterior; captación de la radiación infrarroja de las fachadas interiores con cámara termográfica FLUKE TIR 3/ FT 20/7.5, sensibilidad  $\leq 0.05$  °C y temperaturas de las superficies próximas a los encuestados con Termómetro infrarrojo (IR) Extech 42512 doble láser; velocidad del aire interior con Termo Anemómetro PCM EXTECH 407119A de alambre caliente, resolución de 0.1 y apreciación de  $\pm 5\%$ ; nivel de iluminación con Luxómetro digital EXTECH HD450.

En Dears et al (1997) la toma de datos de monitoreo se clasifica en: Clase III; II y I. Para esta investigación se siguen los criterios *Clase II*: se registran los parámetros ambientales interiores (temperatura del aire, temperatura radiante, velocidad del aire, humedad relativa, tasa metabólica y resistencia de la ropa) necesario para el cálculo de SET, PMV y PPD, al mismo momento que se efectúan los cuestionarios. Las mediciones próximas al encuestado se registran en dos niveles altimétricos (0.1 y 1.1m sobre nivel de piso).

Para la determinación del valor de resistencia de la ropa (clo) se toma el reporte ASHRAE RP-462 y de la tasa metabólica se asignan los valores de la norma ISO 7730 y ASHRAE 55:2004.

Para evaluar el confort se consideró cómo las personas perciben y evalúan el espacio de forma global, que implica la consideración de múltiples factores que van más allá de las variables físicas del ambiente. Se desarrolló una encuesta diferenciada por tipo de usuario: permanentes o eventuales. Se define como usuario permanente a aquel que trabaja en el edificio y eventual al que permanece más de 30 minutos. La encuesta aborda los siguientes aspectos: Localización del usuario en el edificio, características del usuario, percepción de los usuarios respecto al confort térmico y lumínico (aceptabilidad y preferencia), posibilidades de adaptación personales y del clima interior.

Se contrastaron las mediciones con las respuestas de las personas acerca de las condiciones en las que trabajan y de las acciones que realizan para lograr confort, en ambos aspectos, térmico y visual.

### 4 ANÁLISIS DE RESULTADOS

#### 4.1 Características de los edificios y los locales estudiados.

De acuerdo al análisis preliminar de una serie de variables estudiadas en los cuatro edificios relevados se puede observar que si bien son todos públicos presentan una serie de particularidades. Los edificios cuyo uso corresponde a sucursales bancarias cuentan con recursos económicos para el funcionamiento y mantenimiento de los equipos de climatización todo el tiempo. Mientras que en el edificio de la Regional Norte el funcionamiento y mantenimiento de las instalaciones de climatización depende de la

existencia de recursos económicos. También las cargas internas por equipamiento y ocupación se concentran en un horario más restringido y son mayores en los edificios bancarios.

En cuanto a las características de los locales estudiados tanto en Montevideo como en Salto, sus dimensiones son muy variables, desde pequeñas oficinas a grandes halles, con alturas de 2.40 a 18.00 m, respectivamente.

Los edificios de enseñanza ofrecen mayores posibilidades de uso de los dispositivos del edificio aunque eso no asegure las condiciones de bienestar en los usuarios. Mientras que en los edificios bancarios el usuario, tanto permanente como eventual, está más limitado en sus acciones (abrir y cerrar ventanas, prender o apagar equipos, etc.)

**Tabla 1.** Relevamiento y parámetros ambientales registrados (valores promedio)

Datos generales/condiciones ambientales	MONTEVIDEO						SALTO				
	BROU			FAC. ARQ.			REGIONAL NORTE			BHU	
	Of. 8	Subsuelo	Piso 2	Bibliot.	Salón 2	Salón 10	Administ.	Dpto. Arquit.	Cantina	Atención person.	Sala espera
Orientación	N	N	S	S	E	Salón 10	N	N	S	S	S/E
% Hueco=A.vid/A.fach.	90	0	90	90	100	100	50	30	100	80	80/40
Volumen (m <sup>3</sup> )	2245	34200	1279	560	516	412	194	121	340	1102	41
m <sup>3</sup> /p	321	2850	20	80	65	19	22	30	34	55	7
Equipo comp. pc (m <sup>3</sup> /cant.)	225	1900	5	40	258	206	24	24	34	85	21
Posibilidad regulac.equipo A.A	no			individual	-	-	*	si	si	No	No
Sistema A.A.	Central			Split			Faincoil vertical	Faincoil (cielorraso)	Faincoil (cielorraso)	Faincoil (cielorraso)	Faincoil (cielorraso)
% Confort térmico	71	44	27	86	75	55	0	50	40	33	0
T. ext. (°C)	25.5	24.9	25.2	25.6	25.1	22.2	27.2			30.1	
HR ext. (%)	50.2	47.5	44.5	48	55.2	76.7	78.4			57.3	
Ta (°C)	25.2	24.9	24.9	24	21.5	23.9	26.3	27.0	23.8	26.8	26.6
Tmr (°C)	25.5	23.8	23	22.4	24.2	22.5	27.0	26.5	25.3	25.6	27.2
V. aire (m/s)	0.1	0.2	0.1	0.1	0.3	0.1	0.0	0.1	0.2	0	0.1
HR (%)	44.6	49	44.9	50.9	43.4	61.8	55.1	56.3	55.8	48.3	48.3
Iluminación (lux)	441	1344.5	296	667	1072	147	198	322	1030	550	545

\* no se permite regularlo

## 4.2 Condiciones ambientales y confort

Para el período caluroso se efectuaron 124 encuestas de confort térmico y visual. Simultáneamente a las encuestas, se registraron las variables ambientales cada 2 minutos. Las variables analizadas son: ta (temperatura del aire); tsup (temperatura superficial); vel. aire (velocidad del aire); hr (humedad relativa) e iluminancia. Las temperaturas del aire exterior en Salto son mayores en por lo menos tres grados a las registradas en Montevideo, mientras que en ambas ciudades los registros de humedad relativa exterior están en el entorno del 50- 70%. Para las condiciones interiores sistematizadas, se observa que las temperaturas del aire son más altas en los dos edificios de Salto, ambos climatizados. Las velocidades del aire no superan, en promedio, los 0.3 m/s en la Facultad de Arquitectura naturalmente ventilada y los 0.1 m/s en los edificios climatizados (ver tabla 1).

En función de la encuesta y de las respuestas obtenidas, se estableció que las personas que se encuentran en confort térmico son aquellas que por un lado dicen que no sienten ni frío ni calor y que les gustaría permanecer en la misma situación.

## 4.3 Análisis particular

En el edificio BROU (Montevideo) todos los locales, independientemente de su orientación y tipo de envolvente, registran condiciones interiores similares en cuanto a temperaturas del aire y de las superficies y velocidad del aire (ver Tabla 1), lo que no explicaría los porcentajes de confort térmico dispares en dichos locales. Del análisis de encuestas y relevamiento surge que las características espaciales, como menor volumen por persona debido a la subdivisión del espacio en pequeños recintos, ubicación de los difusores de aire sobre puestos de trabajo que provocan molestias y los

obliga a cerrarlos, falta de oportunidad para controlar el clima interior, luminosidad, influyen sobre la sensación de bienestar de los usuarios.

En Facultad de Arquitectura (Montevideo) los porcentajes de confort en los locales son similares, salvo el salón 10 con un porcentaje menor. Este local fue estudiado a principios del período caluroso con una temperatura exterior aún baja (22.2°C), siendo el único local cuya temperatura interior supera a la exterior (23.9°C). Dado las expectativas y el tiempo de aclimatación necesario para adaptarse a temperaturas más altas, un 45% de los usuarios prefiere aún un ambiente más fresco.

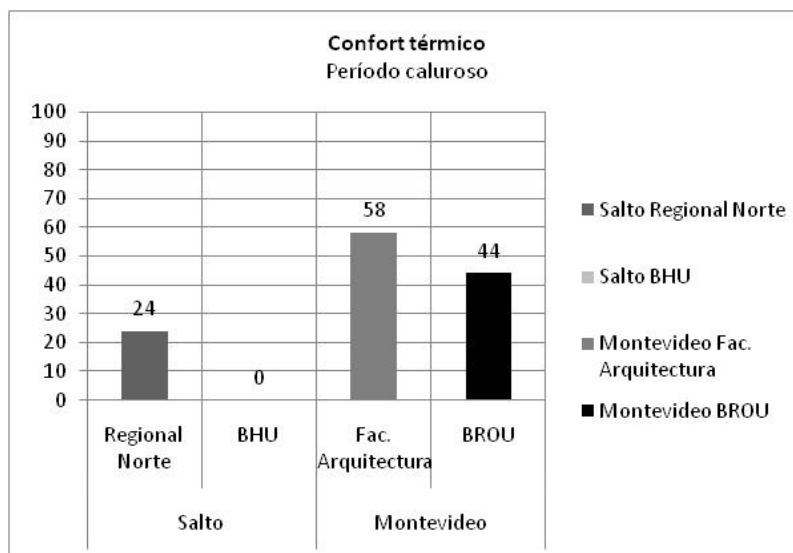
En Regional Norte (Salto) los diferentes porcentajes de confort entre locales se explicarían también por las condiciones espaciales y de uso más que por los valores de temperatura registrados. El local de Administración, con 0% de confort, tiene más cargas internas por ocupación y escaso movimiento del aire debido, entre otros, a que los equipos fancoil están obstruidos por el mobiliario.

En el edificio BHU (Salto) los usuarios eventuales no logran llegar a sensación de confort en el tiempo de permanencia en el local debido tanto a la temperatura del aire como a su movimiento. Los usuarios permanentes aducen también escaso movimiento del aire y prefieren por lo tanto un ambiente más fresco.

#### 4.4 Análisis general

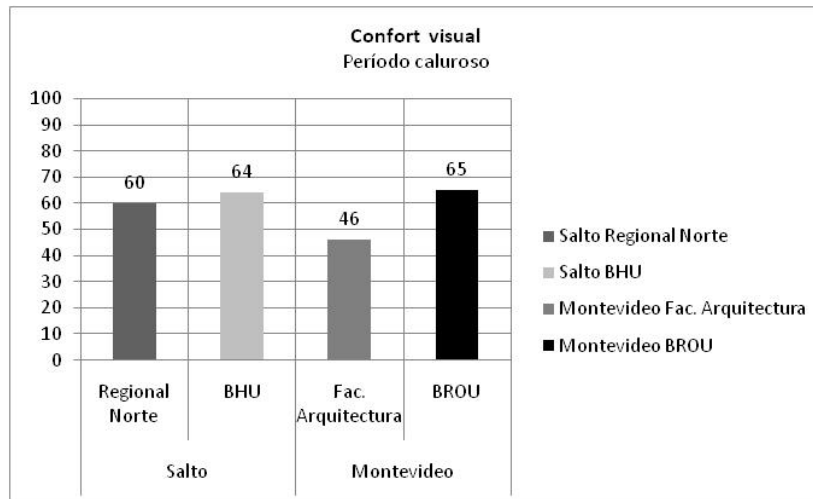
De acuerdo a las condiciones dadas, el promedio de los índices PVM calculados mediante el programa Comfort de ASHRAE es de 0.11, siendo el menor valor -1.2 y el mayor +1.28. El porcentaje de personas en disconfort (PPD) es de 10%. Estos valores calculados difieren con los porcentajes obtenidos de las encuestas realizadas en campo. El mayor porcentaje de personas que contestan que no sienten ni frío ni calor y que además les gustaría permanecer en estas condiciones es de 58% y se obtiene en un edificio naturalmente ventilado en Montevideo, la Facultad de Arquitectura (gráfica 1).

Los tres edificios artificialmente climatizados tienen porcentajes de confort por debajo del 50%, incluso en el BHU no hubo ningún usuario que cumpliera la doble condición de sensación y preferencia.



Gráfica 1 – Porcentajes de confort térmico obtenidos por encuesta.

Para evaluar el confort visual en los edificios se preguntó sobre la satisfacción con las condiciones del espacio en relación a nivel de iluminación, contrastes, deslumbramientos y posibilidades de control del ambiente luminoso. En contraste con las respuestas obtenidas sobre el ambiente térmico, este aspecto registró porcentajes superiores al 50%, exceptuando la Facultad de Arquitectura que no dispone de dispositivos adecuados de control de la radiación solar y además el tipo y disposición de las luminarias resulta poco adecuado al uso de los locales (gráfica 2).



**Gráfica 2** – Porcentajes de confort visual obtenidos por encuesta

## 5 CONCLUSIONES

Los índices usualmente utilizados (PVM y PPD) para evaluar el grado de satisfacción térmica no explican los porcentajes reales de confort obtenidos en los edificios públicos estudiados. Por lo tanto la sensación de neutralidad térmica (ni frío ni calor) del voto previsto no coincide necesariamente con la sensación de confort o de preferencia térmica de los usuarios reales.

Los mayores porcentajes de confort térmico, evaluados en términos de sensación y preferencia, corresponden al edificio de Facultad de Arquitectura o a locales naturalmente ventilados. En parte esto se explicaría por las bajas expectativas térmicas que tienen los alumnos y los funcionarios así como la aclimatación que realizan constantemente.

La edad de la construcción y las tecnologías incorporadas no suponen una mejor percepción de los usuarios. En principio los edificios con tecnologías de acondicionamiento térmico artificial no presentan los valores mayores de satisfacción con el espacio construido. Para el período estudiado, no se encontró correlación entre los porcentajes de confort obtenidos y las características de la envolvente del local, como porcentaje de área vidriada, orientación, terminaciones superficiales.

De las características térmicas del ambiente, la velocidad del aire y su patrón de movimiento resultaron ser los parámetros con mayor influencia sobre la percepción térmica de los usuarios. En todos los casos en que se constató disconfort térmico, las temperaturas interiores registradas (del aire y de las superficies) varían entre 23 y 27°C, valores que están dentro de un rango de confort posible. En todos estos casos la respuesta sobre preferencia térmica estuvo ligada a un ambiente con mayor velocidad del aire. Este aspecto es más notorio en los edificios acondicionados artificialmente.

En este momento se está profundizando en la correlación entre temperatura de confort, temperatura interior media y temperatura exterior.

## 6 REFERENCIAS

AMERICAN SOCIETY OF HEATING REFRIGERATING AND AIR CONDITIONING ENGINEERS **Thermal Environmental Conditions for Human Occupancy** (ASHRAE Standard 55-2004). Atlanta, GA: ASHRAE.2004

AMERICAN SOCIETY OF HEATING REFRIGERATING AND AIR CONDITIONING ENGINEERS. **Comfort Programme**. ASHRAE, 1997



AULICIEMS, A. (1981). **Towards a psycho-physiological model of thermal perception.** *International Journal of Biometeorology*, 25, 109-122.

AULICIEMS, A. & DE DEAR, R. . **Air conditioning in Australia I: Human thermal factors.** *Architectural Science Review*, 29, 67-75.1986.

DE DEAR, R. AND BRAGER, G. **Thermal comfort in naturally ventilated buildings: revisions to ASHRAE Standard 55.** *Energy and Buildings* volume 34, number 6, pp. 549-561. Elsevier Science. 2002

DE DEAR, R., BRAGER, G., COOPER D. **Developing an Adaptive Model of Thermal Comfort and Preference.** Final report, ASHRAE RP- 884, Macquarie University. 1997.

FANGER, P. O. **Thermal Comfort.** Copenhagen: Danish Technical Press.1970.

GONZALEZ, E. AND BRAVO, G. **Toward appropriate comfort temperatures to the hot and humid climatic conditions.** Plea 2001 International Conference on Passive and Low Energy-Architecture. pp.823-827. 2001.

HAVENITH G., HOLMER I. AND PARSONS K . **Personal factors in thermal comfort assessment: clothing properties and metabolic heat production.** *Energy and Buildings* volume 34, number 6, pp. 581-591. 2002.

HOUGHTEN F. AND YAGLOU C.P..**Determining lines of Equal comfort.** ASHRAE. Transactions, 28, pp 361- 384. 1983.

HUMPHREYS, M. A. **Comfortable indoor temperatures related to the outdoor air temperature.** *Building Services Engineer*, 44, 5-27.1976.

HUMPHREYS, M. AND HANCOCK, M. (2007). **Exploring the variation of the desired thermal sensation on the ASHRAE scale.** En *Energy and Buildings* 2007, vol. 39, N°.7. pp. 867-874.2007.

INTERNATIONAL STANDARDS ORGANIZATION (ISO). **Moderate Thermal Environments: Determination of the PMV and PPD Indices and Specification of the Conditions for Thermal Comfort (ISO 7730).** Geneva, Switzerland: 1994

INSTITUTO URUGUAYO DE NORMAS TÉCNICAS (UNIT). **Zonificación Climática.** UNIT 1026:99. Montevideo, 1999

MCCARTNEY AND NICOL, **Developing an adaptive control algorithm for Europe.** *Energy and Buildings*. Vol 34. pp 623-635, 2002.

MINISTERIO DE INDUSTRIA ENERGÍA Y MINERÍA. **Proyecto de Eficiencia Energética.** Montevideo, 2005

MINISTERIO DE INDUSTRIA ENERGÍA Y MINERÍA. **Plan de Ahorro energético. Dirección Nacional de Energía y Tecnología Nuclear.** Montevideo, 2008.

NICOL F., WILSON M., CHIANCARELLA C. **Using field measurements of desktop illuminance in European offices to investigate its dependence on outdoor conditions and its effect on occupant satisfaction and the use of lights and blinds.** Energy and Buildings 2006, vol 38, N°7, pag. 802-813.

NICOL, J. F., & HUMPHREYS, M. A. **Adaptive thermal comfort and sustainable thermal standards for buildings.** Energy and Buildings, 34(6), 563-572. 2002.

## **7 AGRADecIMENTOS**

A la Comisión Sectorial de Investigación Científica (CSIC) que financió esta investigación como proyecto I+D del año 2008. A las instituciones que permiten la realización del estudio de campo en sus instalaciones y sus funcionarios que brindan su tiempo y colaboración.