ASADES

Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente
Vol. 19, pp 07.13-07.22, 2015. Impreso en la Argentina
ISSN 2314-1433 - Trabajo selecionado de Actas ASADES2015

INFLUENCIA DE LA CALIDAD AMBIENTAL EDILICIA Y TÉRMICA DEL USUARIO EN LA EFICIENCIA ENERGÉTICA DE EDIFICIOS PÚBLICOS. CASO DE ESTUDIO: EDIFICIO DE OBRAS SANITARIAS SOCIEDAD DEL ESTADO, SAN JUAN - ARGENTINA

A. **Alonso-Frank[1], E. Kuchen[2], B. Arballo[3], Y. Alamino-Naranjo[4]**
Instituto Regional de Planeamiento y Hábitat (IRPHa) – FAUD- UNSJ
Av. Ignacio de la Roza 590 Oeste.
Complejo Universitario "Islas Malvinas" –CP: 5400 – Rivadavia – San Juan. Tel. 0264-4233259
e-mail: afrank@faud.unsj.edu.ar[1]; ernestokuchen@faud.unsj.edu.ar[2]; arballobruno@gmail.com[3]; y.alaminonaranjo@conicet.gov.ar[4]

Recibido 11/09/15, aceptado 13/10/15

RESUMEN: Las características climáticas de la región exigen que los edificios introduzcan sistemas adicionales de climatización, para satisfacer el confort del usuario. Ello afecta la eficiencia energética del edificio, e influye en la calidad ambiental dentro del mismo. Es objetivo de la presente investigación dar a conocer el comportamiento del usuario y su nivel de conformidad, con el fin de establecer potenciales de eficiencia energética. Para ello se efectúa un monitoreo in situ, se toman mediciones con sensores y se hacen encuestas al usuario en tres períodos críticos del año. La evaluación se realiza en comparación con normas internacionales de referencia (DIN EN 13779, 2007; ISO 7730, 2006). En base a las exigencias propuestas, se obtiene en el 95% de los casos, media y alta calidad del aire, y una aceptación térmica anual de -0,30, de la escala de 7 puntos de ASHRAE, esto es, nivel de confort medio aceptable.

Palabras Clave: edificio de oficinas, calidad del aire, adaptación del usuario, potenciales de eficiencia.

INTRODUCCIÓN

Las condiciones térmicas y la calidad del aire interior en los espacios de trabajo deben satisfacer las demandas de confort, en términos de salud y productividad (Vargas & Gallego, 2005; Wargocki, 2008). Considerar estas variables es determinante para el análisis integral, en pos de mejorar el confort de los usuarios. La insatisfacción frecuente de los mismos en espacios interiores se debe mayormente a efectos térmicos, de calidad del aire, visual y acústica (Fisk, 2000)

Mejorar las condiciones de confort consecuentemente suele afectar a la eficiencia del sistema energético del edificio. Surge por tanto la necesidad de encontrar valores óptimos de consumo. Se persigue que los valores del sistema energético como también los de confort se encuentren dentro de los rangos que delimitan las normas internacionales de referencia (ver ASHRAE-55, 2004; IS0-7730,2006; ISSO-74, 2004; EnBop, 2008; DIN EN 13779, 2007; CEN 1752, UNE 100-1). Los mismos sirven como herramientas para realizar la evaluación y verificación del presente estudio.

[1] Becaria CONICET
[2] Investigador CONICET
[3] Becario CONICET-UNSJ
[4] Becaria CONICET-UNSJ

Los edificios y sus sistemas de climatización y ventilación buscan proveer de un ambiente que sea aceptable y que no menoscabe la salud y la productividad de sus ocupantes (Olesen, 2004). Una calidad del aire por debajo de lo admitido según norma puede provocar efectos adversos en la salud de los usuarios (OMS, Organización Mundial de la Salud), lo cual suele conducir al Síndrome del Edificio Enfermo, SBS (Sick-Building-Symdrome). Es necesario incorporar criterios que definen los requerimientos mínimos de ventilación y apropiada renovación del aire (AHSRAE 62, 2001; AHSRAE 129, 1997). Uno de los principales indicadores del nivel de calidad del aire interior son las concentraciones de CO_2 (DIN EN 13779, 2007).

Con el fin de determinar si un ambiente es térmicamente adecuado es necesario considerar la variable del confort térmico. Este puede ser definido como el estado de satisfacción física y psíquica con el ambiente térmico (Kuchen *et al*, 2011). Los estudios de Fanger han conducido al desarrollo de índices como el PMV "Predicted Mean Vote" (índice de predicción del voto medio) y el índice PPD, "Predicted Percentage of Dissatisfied" (índice de predicción del porcentaje de disconformes) (Fanger, 1970), los cuales se adoptan formalmente por la norma ISO 7730 y se utilizan para el análisis y verificación de los valores medidos.

El presente trabajo está vinculado al proyecto PICT2009-0014 Res.304/10 "Eficiencia Energética y Confort en Espacios de Trabajo" (EEC), donde se toman como objetos de estudio distintos edificios públicos ubicados en la ciudad de San Juan. En este caso el edificio Obras Sanitarias Sociedad del Estado (OSSE) se somete a un estudio de campo a lo largo del período anual. La obtención de datos sobre el consumo de la energía, la percepción de la calidad del aire y voto de confort térmico de los usuarios se realiza a través de encuestas in situ, y las mediciones de temperatura y concentraciones de CO_2 a través de sensores tipo telaire y hobos.

Se tiene por objetivo que el trabajo pueda ser un aporte al conocimiento y al progreso en la implementación local de normativas nacionales e internacionales, logrando verificar los respectivos valores de referencia de calidad del aire y confort térmico en los espacios interiores de trabajo. Se espera que los resultados puedan continuar generando conciencia sobre la temática y producir cambios reales que afecten positivamente en la productividad y bienestar de los usuarios, todo en coherencia con un ahorro energético y eficiente aprovechamiento de los recursos.

OBJETO DE ESTUDIO

El edificio público analizado es OSSE (ver Figura 1), ubicado en la Capital de la provincia de San Juan, Argentina. Se construye entre 1957-1962, y se caracteriza por un diseño arquitectónico propio del movimiento moderno, con criterios bioclimáticos, esto es, por poseer buena masa térmica, y mínimo porcentaje de aventanamiento en orientación este-norte-oeste, de manera de que sea mínima la ganancia solar en el período crítico de verano, y elevado porcentaje de aventanamiento en orientación sur, posibilitando adecuada iluminación natural sobre plano de trabajos, sin deslumbramiento.

Fachada Norte *Fachada Oeste* *Fachada Sur*

Figura 1: Fachadas del edificio OSSE.

Planta Baja *Primer Piso* *Segundo Piso*

Figura 2. Distribución en planta de los espacios de trabajo

La siguiente tabla presenta las principales características del mismo y su emplazamiento:

Características climáticas de la región	• Según la norma IRAM 11603 se encuentra en la zona bioambiental III-A; cuenta con un clima cálido templado seco, con una temperatura media anual de 17,2 °C y humedad relativa media del 53% (Instituto Argentino de Normalización y Certificación, 1996). Predominan una radiación solar elevada, amplitudes térmicas diarias y estacionales, vientos del sudeste y porcentaje bajo de precipitaciones.
Áreas funcionales / Balance de Superficies (ver figura 2)	• Oficinas y circulaciones (75% de la superficie útil). • Servicios (11% superficie útil). • Espacios destinados a otros usos (14% superficie útil). • Superficie total: 2455 m^2.
Criterios de diseño Bioclimático	• Orientación del eje longitudinal en dirección Este-Oeste para óptimo asoleamiento. • Parasoles Móviles en las fachadas Este y Oeste para control solar. • Buena ventilación e iluminación natural. • Mínimas superficies vidriadas hacia el norte. • Muros hacia el norte con elevada inercia térmica.
Superficies vidriadas	• Fachada Norte: 19%. • Fachada Sur: 72%.
Equipamiento destacado	• Equipo de climatización total por aire HVAC (Heating, Ventilation and Air Conditioning).

Tabla1: Características climáticas de la región y descripción general del edificio.

METODOLOGÍA

Se realiza un trabajo de campo que incluye mediciones ambientales internas y externas, y en simultáneo, encuestas cortas al usuario en su espacio de trabajo. El relevamiento es de tipo transversal en verano, invierno y período transitorio y se desarrolla en diferentes oficinas elegidas aleatoriamente, distribuidas en todos los niveles, y orientaciones posibles (Kuchen, 2008). Correlativamente a Alonso *et al* (2012) y Toranzo *et al* (2012), la estratificación por piso conduce a tomar el registro en espacios diferentes, sumando un total de 25 espacios relevados y analizados. La medición consiste en recolectar información de la concentración de CO_2 en el interior de espacios de trabajo, temperaturas internas y externa. La misma se realiza en los tres períodos desde las 8:00 hasta las 12:00 hs, siguiendo un recorrido continuo. El intervalo de medición es de un minuto. En cada espacio de trabajo, se consideran 3 minutos para la aclimatación de los sensores, 5 minutos adicionales para la medición y 2 minutos para el traslado del instrumental al siguiente espacio a medir. El sensor móvil se ubica en el plano de trabajo, esto es, a 0,90 ± 0,20 m sobre el nivel de piso terminado. La concentración del gas CO_2 se toma con sensor tipo TELAIRE 7001 y un acumulador de datos tipo Hobo U12-006. Este último recolecta también datos de temperatura. La encuesta empleada se corresponde a la elaborada en Kuchen (2008). La misma posee dos carillas y se refiere a aspectos psicológicos, fisiológicos y físicos del usuario en relación con el ambiente interior y su actividad.

En paralelo a la medición se lleva a cabo un relevamiento ocular. El asistente de medición vuelca en una planilla técnica datos sobre el tipo y cantidad de artefactos de consumo eléctrico, las características de la fachada, ventana, parasol, orientación, dimensiones, estado de funcionamiento del sistema de calefacción o refrigeración, ventilación, cantidad de personas, etc. Por medio del Ente Provincial Regulador de la Energía (EPRE), se tiene conocimiento de consumo energético anual.

EVALUACIÓN DE LOS RESULTADOS

En base a los datos objetivos y subjetivos relevados es posible obtener índices de calidad ambiental y térmica de los espacios de trabajo del edificio. Del total de mediciones realizas en verano, período transitorio e invierno se tienen un total de 84 observaciones y encuestas. Estos datos son suficientes para documentar el grado de confort, evaluar los resultados en relación a los estándares de referencia y enunciar estrategias de mejoramiento para el edificio OSSE.

Indicadores de calidad del aire

Como se desarrolla en .Kuchen, *et al* (2009) en Alemania, se conducen estudios bajo el mismo procedimiento metodológico en Alonso *et al*, (2012), para edificios de oficina en la Ciudad de San Juan. Entre los indicadores de calidad del aire, se destacan: el nivel de concentración de CO_2 [ppm], la frecuencia de apertura de ventanas [%], la frecuencia en la percepción de olores [%], el origen de la fuente de olores [-], y el criterio de la norma DIN EN 13779 [ppm]. Correlativamente hay dos indicadores con estrecha vinculación a la eficiencia energética del edificio, a nombrar: el porcentaje de renovación de aire [%] y la demanda de energía del equipo [kWh/m²a]. Estos últimos son desarrollados en Alamino *et al* (2015), y se utilizan en el presente trabajo para su comparación.

Calidad del aire de espacios interiores

En la Figura 1 se observa la suma de frecuencia de valores de medición de CO_2 realizadas en cada espacio de trabajo en los períodos de verano, transitorio e invierno. La misma incorpora los valores propuestos por la Norma de Referencia DIN EN 13779 (2007).

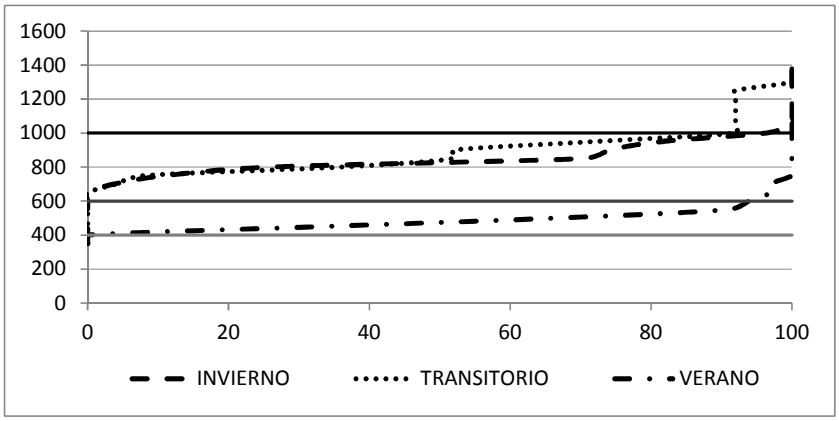


Figura 1: Suma de frecuencias de concentración de CO2 en espacios con ventilación mecánica.

Categorías	Descripción de la calidad	Intervalos de concentración de CO_2
IDA 1	Especial	$CO_2 \leq 400$ ppm
IDA 2	Alta	$400 < CO_2 \leq 600$ ppm
IDA 3	Mediana	$600 < CO_2 \leq 1000$ ppm
IDA 4	Baja	$CO_2 > 1000$ ppm

Tabla 2: Clasificación de la calidad del aire dentro de las categorías establecidas por el estándar DIN EN 13779 (2007); la sigla IDA, significa aire interior.

Como se observa, los valores de concentración de CO_2 presentes en período transitorio e invierno son similares. Alrededor del 90% de las mediciones son de "mediana calidad" (ver Tabla 2), y el 10% restante, de "baja calidad". A diferencia de ello, en verano el 95% de las mediciones develan "alta calidad", y el restante 5%, "mediana calidad".

En la encuesta, la pregunta 5, manifiesta la calidad del aire percibida por los usuarios al momento de la medición. La escala de 7 puntos de ASHRAE expresa el grado de satisfacción/insatisfacción respecto del espacio interno en que se encuentran. En la Figura 2 se muestran los resultados obtenidos.

Como se observa, correlativamente a lo detallado en la Figura 1, se tiene un elevado porcentaje de satisfacción del usuario en período de verano, y en progresiva regresión en período transitorio e invierno. De esta manera se observa que la disminución de niveles de calidad de CO_2 se ve reflejada en la percepción de los usuarios. Si bien "la apertura de ventana" es una estrategia normalmente muy empleada en la renovación del aire, para la eliminación de olores e incluso como fenómeno de adaptación térmica (Alonso *et al*, 2012), ello no se manifiesta en el presente caso de estudio. La Figura 3 expresa la observación realizada in situ, de la cual sólo el 8% de los usuarios la emplean en verano y el 19% en período transitorio. Es posible que la no apertura en invierno influya en la mala calidad del aire percibida por los usuarios, y medida con los sensores (Alonso *et al*, 2012).

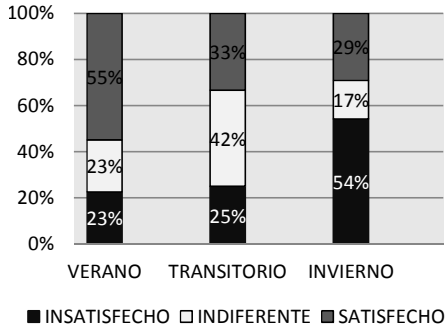


Figura 2: Voto de Percepción de Calidad del Aire (%).

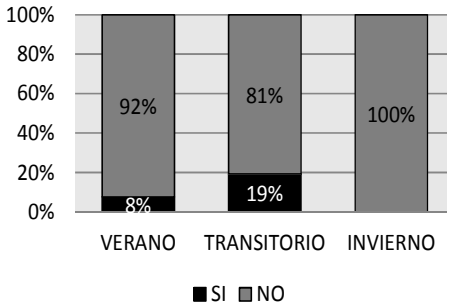


Figura 3: Apertura de ventanas (%).

A efectos de conocer las causas de conformidad/disconformidad respecto de este apartado, se contabilizan en la Pregunta 6 de la encuesta, el porcentaje de usuarios que perciben olores en sus espacios de trabajo (ver Figura 4). La pregunta 7, detalla la influencia de los tipos de olores percibidos, internos y externos a los espacios de oficina (ver Figura 5).

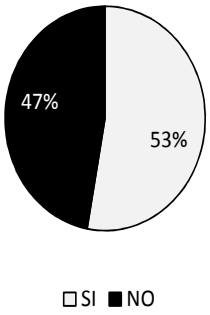


Figura 4: Frecuencia con que los usuarios perciben en general olores en oficinas.

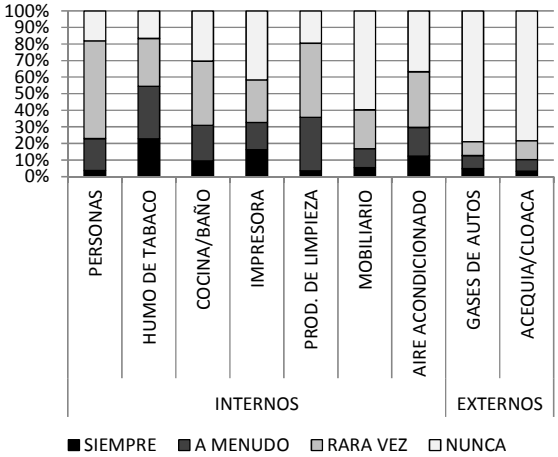


Figura 5: Fuentes de olor y frecuencia con que se perciben en espacios interiores de trabajo.

Se tiene, en general, que la percepción de olores se relaciona con la apertura de ventanas. Ello se verifica puesto que se tiene una despreciable existencia de olores externos a las oficinas. Respecto de los olores internos, se tiene con mayor frecuencia (54%) la percepción de humo de tabaco, lo cual se considera una importante disminución de calidad del aire. El resto de los olores consultados no se perciben con importante frecuencia, por lo que no son considerados en el análisis.

Confort térmico percibido en espacios interiores

La encuesta permite además, relevar información sobre el acceso manual que tiene el usuario para controlar el ambiente térmico (Kuchen, 2008). El mismo emplea determinadas estrategias (ver Figura 10), a nombrar: modificación de prendas de vestir, apertura de puertas y ventanas, accionamiento del parasol, etc. (Toranzo *et al*, 2012). La evaluación integral requiere conocer la temperatura externa, características físicas del edificio, sistema de climatización, apertura de ventanas, uso de elementos de protección solar, y la incorporación de equipamiento adicional (estufa, caloventor, ventilador de pie, entre otros).

La Figura 6 muestra la comparación entre los valores de medición de temperatura interior promedio y el valor medio de temperatura exterior. Se destaca el contraste de amplitud térmica interior y exterior del edificio en verano con una diferencia media Dt=4,51°K ($t_{ext.}$=29,67°C – $t_{int.}$=25,16°C), y en invierno de Dt= 13,39°K ($t_{ext.}$=8°C – $t_{int.}$=21,39°C). En la Figura 7 se esbozan los valores de CV. Cada voto CV, se obtiene en simultáneo con la medición de temperatura interior (ta) para cada estación del año estudiada. Se observa que un incremento de te, no se correlaciona a la sensación de calor, posiblemente debido a la adaptación térmica del usuario o que el edificio mantiene valores de inercia térmica que reducen las asimetrías térmicas entre interior y exterior.

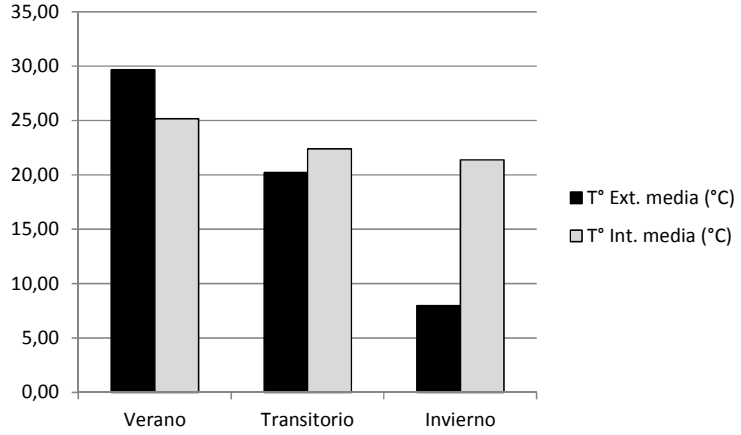
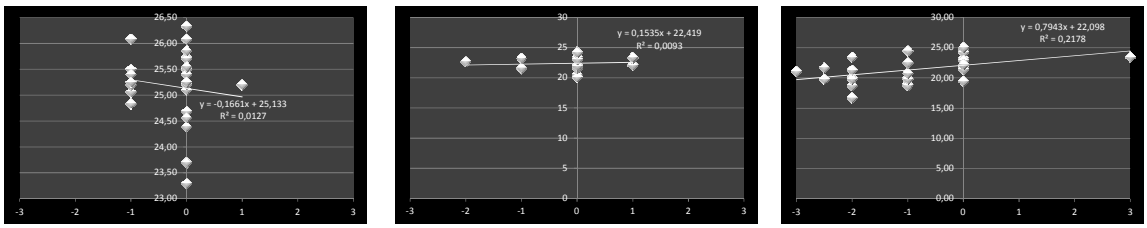


Figura 6: Temperatura media interior en relación con la media exterior, en función de las estaciones.

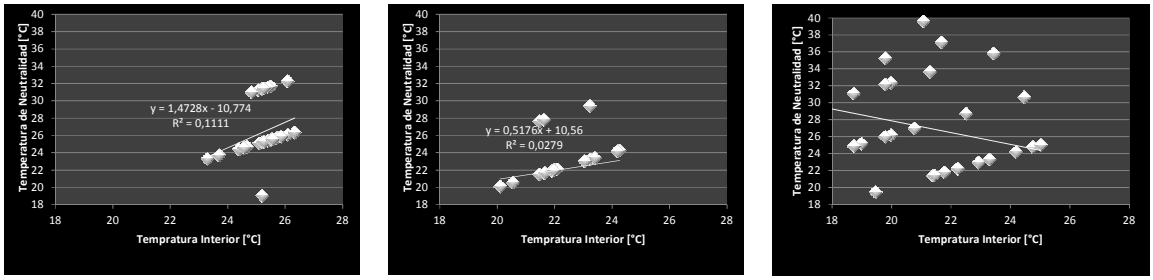


Verano *Transitorio* *Invierno*

Figura 7: Voto de sensación térmica respecto a las temperaturas medias internas en función de las estaciones.

El estándar ISO7730 indica que en invierno el 80% de los usuarios estarían satisfechos con el ambiente térmico si la temperatura en el ambiente interior se mantiene dentro del rango de 22±2°C y en verano, dentro del rango de 24,5±2,5°C. Como se observa en la Figura 8, el sistema de climatización que posee OSSE posibilita estar en estos valores. En principio la Figura 7 da a conocer que el confort de los usuarios es bueno en verano y período transitorio, ya que el porcentaje de disconformidad térmica es sólo del orden del 12% y 4% respectivamente. En invierno, la disconformidad aumenta, tomando un valor del 30%, sobre la sensación de "frío". De la medición de temperatura del aire (ta) y del voto de sensación térmica de la encuesta (CV), se obtienen rectas de regresión con pendientes "b" que varían para invierno b=-0,69, para el período transitorio b=0,62 y para verano b=1,47. La constante "b" es un indicador del nivel de adaptación de los usuarios (ver Cena

& de Dear, 1998; Nicol, Humphreys 2005, Raue *et al*, 2006, Kuchen, 2008). De ello, se podría indicar que en verano la pendiente es más elevada que el de los otros períodos y por ello, estarían mejor adaptados o aceptarían rangos de temperatura mayores.
Para analizar la temperatura más adecuada al nivel de adaptación que tienen los usuarios, se toma el concepto de temperatura de confort o temperatura de neutralidad (tn) (Fanger, 1970; de Dear, 2011), esto es, la temperatura a la cual el usuario promedio se siente térmicamente confortable y no desea un ambiente ni más frío ni más cálido que el que posee.



Verano *Período Transitorio* *Invierno*

Figura 8: Temperatura de Neutralidad en relación a la Temperatura Interior.

Los autores mencionados indican, que la temperatura exterior tiene fuerte influencia sobre el ambiente interior, afectando la sensación térmica y el grado de adaptación de los usuarios, especialmente, en espacios con ventanas operables manualmente, como es el caso de OSSE.

Estrategias de Adaptación del Usuario
Los datos subjetivos recolectados permiten tener información sobre el acceso manual de los usuarios al control del ambiente. Para poder realizar la evaluación sobre aspectos vinculados a la adaptación térmica externa, se ponderan las estrategias más relevantes de la encuesta. En primer lugar: apertura de ventanas (ver Figura 3), uso de cortinas y parasoles y el estado de funcionamiento del sistema de climatización durante la jornada laboral (ver Figura 9).

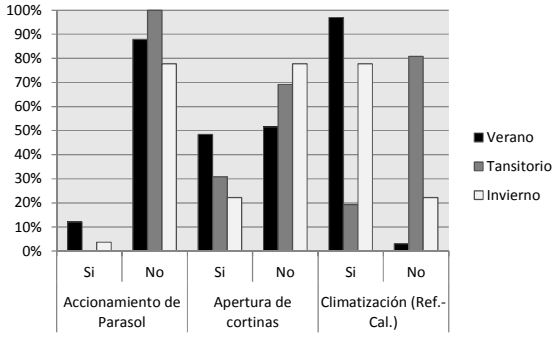


Figura 9: Porcentaje de empleo de medidas de adaptación en invierno, período transitorio y verano.

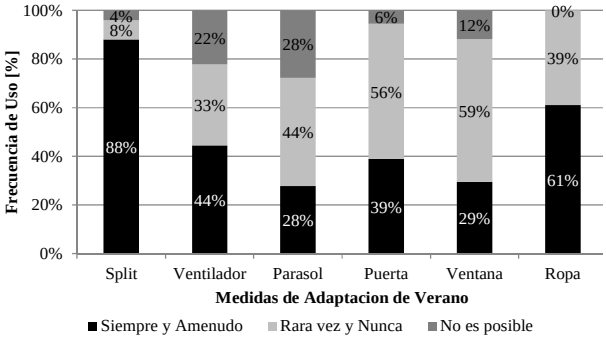


Figura 10: Estrategias de adaptación térmica del usuario.

De la comparación de los gráficos se tiene un usuario mayormente inactivo respecto de estrategias pasivas que inciden en la eficiencia energética del edificio (apertura de ventanas, parasol y cortinas), y dinámico respecto de estrategias activas, en verano e invierno, lo que podría ser motivo de un aumento el consumo energético final del edifico en dichas estaciones (ver Alamino *et al*, 2015).

El análisis integral parte de entender que el usuario experimenta un proceso de adaptación térmico continuo, incluso a las condiciones térmicas de climatización que les son impuestas (Kuchen & Fisch, 2009). En OSSE las estrategias más empleadas son uso de aire acondicionado, y en segundo lugar, la adaptación de la ropa (ver Figura 10). La incorporación de otros dispositivos de control térmico (Ej.: ventilador externo, estufa), no previstas como equipamiento para Oficinas, se usan con una frecuencia cercana al 20% según la época del año. El empleo de estos dispositivos adicionales supone

deficiencias en el sistema de climatización y el consiguiente incremento del consumo de energía no previsto.

Nivel de Eficiencia Energética
El monitoreo edilicio permite conocer el tipo y uso de diferentes formas de energías empleadas para el funcionamiento. El consumo estacional y anual, como así, la influencia del comportamiento del usuario sobre el control de variables ambientales, conduce a elaborar pautas de mejoramiento (ver Lutz, 2003; Guzmán, 2009). Del relevamiento in situ, la potencia instalada en el edificio, de 171 KWh/m^2.a, manifiesta que el equipo de refrigeración representa el 23,64% del consumo total y el de calefacción el 7,45%. OSSE posee climatización total, sin embargo, se detectan artefactos de consumo eléctrico (ACE) adicionales, de los cuales la estufa representa el 10,11% y el ventilador de pie el 2,76% (ver Alamino *et al*, 2015). De esto se tiene un total del 44% del consumo de energía final del edificio empleado en restituir la situación de confort al usuario. Ello denota problemas que posibilitan el desarrollo de posibles potenciales de eficiencia.

Potenciales de eficiencia energética
Los potenciales de eficiencia propuestos para OSSE se fundamentan en valores de referencia establecidos por estándares internacionales y según valores objetivos publicados (ver Dutt; *et a.*, 2006; Fisch, et al., 2007; EnBop, 2008; Kuchen, *et al*, 2011). Proponer dichos potenciales durante la etapa de funcionamiento, como indica el programa EnBop (Energie Betriebsoptimierung) por el programa EnOB, conlleva a ahorros energéticos y económicos inmediatos. El establecer valores objetivos de demanda energética es fundamental para disminuir las emisiones de CO_2 y, por tanto, preservar el medio ambiente.

A modo de síntesis, las mejoras se obtienen producto del cálculo de demanda/consumo, la observación del comportamiento del usuario in situ y en relación a las medidas de eficiencia energética de referencia (Kuchen *et al*, 2015*)*. Las medidas postuladas, referidas al aspecto térmico-energético, que tienen costo cero y que conducen a importantes ahorros iniciales de energía son: Educación del usuario a través de un “Manual de uso del espacio de oficina”, con un ahorro potencial del 8%; Control del set-point de temperatura en equipos de climatización, esto es, automatización, control y optimización para el sistema HVAC en función a la renovación de aire y concentraciones de CO2, con un ahorro del 30%; Eliminación de estufas eléctricas, con un ahorro de hasta el 50%; y, control en las fugas en aberturas mediante burletes, con un ahorro del 20% (ver Alamino *et al*, 2015).

CONCLUSIONES

Podemos concluir que es primordial conocer el comportamiento de los usuarios para poder evaluar el funcionamiento del edificio, la calidad del ambiente interior y el grado de confort térmico que se aporta a los usuarios. Los valores obtenidos de calidad de aire muestran que en el 95% de los casos se encuentran entre 600 ppm y 1000 ppm, encontrándose los niveles mayores en periodo de invierno, pero que según la norma de referencia DIN EN 13779 estos valores se encuentran dentro de los rangos aceptables. Consecuentemente las encuestas expresan que el mayor porcentaje de insatisfechos con respecto a la calidad del aire se establece en el periodo invernal con un 54%, debido a la presencia de olores y entre ellos, el olor a humo de tabaco (hábitos culturales). Este incremento de insatisfechos, coincide con los niveles elevados medidos de CO_2 y que junto a la no apertura de ventana, baja renovación de aire y posiblemente, elevada concentración de compuestos orgánicos volátiles (VOC), presentes en el aire, requieren un tratamiento especial. En el periodo de verano existe una mejora en la calidad del aire y en la percepción por parte del usuario, debido al control manual de aperturas de ventanas. La buena calidad de aire y el aumento de la taza de suministro de aire exterior, no sólo mejora la eficiencia en el desarrollo de tareas sino también disminuye algunos síntomas posibles de malestar en los usuarios (dolor de cabeza y dificultad para lograr concentración en el desarrollo de tareas), por lo que estos aspectos deberán ser estudiados con mayor profundidad en próximas investigaciones.
El confort térmico de los usuarios en general es bueno en verano y periodo transitorio, esto se expresa en el bajo porcentaje de disconformidad térmica. Por el contrario, en invierno la disconformidad es mayor, llegando a un 30%. El usuario en general se presenta indiferente respecto a las estrategias

pasivas que influyen en la eficiencia energética del edificio y en su confort térmico, como aperturas de ventanas, parasol y cortinas, por el contrario se caracteriza por su dinamismo en el uso de estrategias activas, situación, que termina desfavoreciendo al edificio elevando el consumo energético. Esto último se refleja en el consumo energético final de OSSE, que llega a 171 KWh/m^2a. De considerar las estrategias enunciadas en el punto anterior, en relación a medidas de uso pasivo de la energía, de bajo costo, posibilitaría diseñar un nuevo valor de demanda objetivo, similar al de otros referentes internacionales, de 100 KWh/m^2a, mejorando la eficiencia energética y el cuidado ambiental.

BIBLIOGRAFIA

Alamino Naranjo, Y., Kuchen, E., Gil Rostol, M., Alonso Frank, A. (2015). Monitoreo de funcionamiento y estrategias de eficiencia energética para el edificio público de Obras Sanitarias Sociedad del Estado, San Juan, Argentina. Revista Hábitat Sustentable Vol. 5, N°. 1. ISSN 0719 - 0700 / págs. 14-23.

Alonso, A.; Kuchen, E.; Toranzo, E. (2012). "Diagnóstico de calidad del aire en espacios de trabajo en el edificio central de la universidad nacional de San Juan, Argentina". Revista AVERMA, Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente (INENCO, Salta, Argentina), vol. 16, n° 1, pp. 65 a 72. ISSN 0329-5184.

ASHRAE 55:2004. (2004). Thermal environmental conditions for human occupancy (Supersedes ANSI/ASHRAE Standard 55:1992).ASHRAE Inc., Atlanta, USA.

ASHRAE Standard 62 (2001). Proposed addendum n “Ventilation rate procedure” to Ashrae standard 62.2. Ventilation for acceptable indoor air quality. Public review draft, American Society of Heating Refrigerating and Air Conditioning Engineers. Atlanta.

ASHRAE Standard 129 (1997). Measuring Air Change Effectiveness (ANSI Approved). American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers.

CEN 1752 (1996). Technical report CR 1752. Ventilation for buildings: Design criteria for indoor environment. European Committee for Standardisation. Brussels.

Cena, K.; de Dear, R. (1998). Field Study of Occupant Comfort and Office Thermal Environments in a Hot-Arid Climate. Final Report ASHRAE, RP-921; Institute for Environmental Science, Murdoch University, Perth, Australia. ISBN 0-86905-648-4. DIN EN 13779 (2007). Lüftung von Nichtwohngebäuden. Allgemeine Grundlagen und Anforderungen an Lüftungs und Bauphysik 31 (2009). Heft 5 Klimaanlagen. Deutsche Fassung EN 13779:2007; Substitute for DIN 1946-2:1994-01.

de Dear, R. (2011). Revisiting an old hypothesis of human thermal perception: alliesthesia, Build. Res. Inf. 39. Pp. 108–117. http://dx.doi.org/10.1080/09613218.2011.552269Fanger, P.O. (1970). Thermal Comfort: Analysis and Applications in Environmental Engineering, Danish Technical Press, Copenhagen.

Fisk, W. J. (2000). Health and productivity gains from better indoor environments and their relationship with building energy efficiency. Annual Review of Energy and the Environment, 25(1), 537-566.

DIN EN ISO 7730. (2006). Ergonomie des Umgebungsklimas. Analytische Bestimmung und Interpretation der thermischen Behaglichkeit durch Berechnung des PMVund des PPD. Indexes und der lokalen thermischen Behaglichkeit (ISO/DIS 7730:2003). Deutsche Fassung EN ISO 7730:2005.

Dutt, G.S.; Tanides, C.G.; González, E.D.; Evans, J.M., de Schiller, S.; Iglesias-Furfaro. H. (2006). Escenarios energéticos para la Argentina (2006-2020) con políticas de eficiencia, 36 p., 1a ed. - Buenos Aires, WWF y FVSA, Argentina, 2006.

EnBop (2008). “Energie Betriebsoptimierung”. http://www.enob.info

ENCAC Encontro Nacional de Conforto no Ambiente Construído, ISBN: 978-85-89478-20-5, Rio de Janeiro, Brasil.

Fisch, M. N.; Plesser, S. y Bremer, C. (2007).EVA: Evaluierung von Energiekonzepten für Bürogebäude. Bericht zur Grobanalyse; BMWA.

Guzmán M. Oscar (2009). Eficiencia Energética. Un panorama Regional. Nueva Sociedad.

ISSO-74. (2004). Thermische Behaaglijkeid. Publication 74, ISSO. Rotterdam, Holanda.

Kuchen E. y Fisch M. N. (2009). Spot Monitoring - Thermal comfort evaluation in 25 office buildings in winter. International journal Building and Environment, ISSN 0360-1323, Elsevier, Vol. 44, Issue 4, S. 839-847.

Kuchen, E. (2008). Spot-Monitoring zum thermischen Komfort in Bürogebäuden. Tesis de Doctorado. ISBN: 978-3-89959-783-7. Der Andere Verlag, S. 203. Tönning, Deutschland.
Kuchen, E., Fisch, M. N., Leao, M., Borges Leao, E. (2009). Indoor air quality defined by measurements and questionnaires in office buildings. Ernst & SohnVerlag für Architektur und technische Wissenschaften GmbH & Co. KG, Berlin · Bauphysik 31, Heft 5. DOI: 10.1002/bapi.200910041.
Kuchen, E.; Plesser, S.; Fisch, M.N. (2011). Eficiencia Energética y Confort en Edificios de Oficina, XI
Kuchen, E., Alamino, Y., Alonso-Frank, A. (2015-en prensa). Eficiência energética em edifícios públicos da Argentina". Revista Internacional Ambiente Construído. Porto Alegre, ISSN: 1678-8621, Brasil.
Lutz, W. (2003). "Programa de Ahorro y Eficiencia Energética en el Mercado Eléctrico Argentino. Identificación de las Características, Lineamientos Generales y Opciones para una Propuesta PAyEE" Secretaría de Energía Eléctrica de la Nación y GTZ (Deutsche Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit).
Nicol, F. y Humphreys, M. (2005). Maximum temperatures in buildings to avoid heat discomfort. International Conference "Passive and Low Energy Cooling fort he Built Environment". Santorini, Greece.
Norma IRAM 11603 (1996). "Acondicionamiento Térmico de Edificios". Clasificación Bioambiental de la República Argentina.
UNE 100-011 (1991). Climatización. La ventilación para una calidad aceptable del aire en la climatización de los locales.
Olesen, B. W. (2004). International standards for the indoor environment. *Indoor Air*, *14*(s7), 18-26.
Raue, A. K.; Kurvers, S. R.; van der Linden, A. C.; Boestra, A. C.; Plokker, W. (2006). Dutch Thermal Comfort Guide-lines; from weighted temperature exceeding hours towards adaptive temperature limits; the Netherlands.
Toranzo, E.; Kuchen, E.; Alonso Frank, A. (2012). Potenciales de eficiencia y confort para un mejor funcionamiento del edificio central de la universidad nacional de San Juan. Revista AVERMA, Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente (INENCO, Salta, Argentina), vol. 16, n° 1, pp. 157-164. ISSN 0329-5184.
Vargas M. F. y Gallego P. I. (2005) Calidad Ambiental Interior: Bienestar, Confort y Salud. Revista Española de Salud Pública. 79: 243-251 Nº 2 - Marzo-Abril.
Wargocki, P. (2008). Improving indoor air quality improves the performance of office work and school work.

ABSTRACT

The climatic features of the region require that buildings introduce additional air conditioning systems in order to satisfy user comfort. This affects the energy efficiency of the building and indoor environmental quality. The research aims to introduce the user behaviour and its level of compliance with the objective of establishing efficiency potential through the correlation of objective and subjective data. To that end, a field study by spot-monitoring measurements with sensors and surveys in three critical periods of the year is carried out. The evaluation is made compared to international reference standards (DIN EN 13779, 2007; ISO 7730, 2006). Based on the proposed requirements in 95% of cases, medium and high air quality and an annual thermal acceptance of -0.30 are obtained, on ASHRAE 7-point scale; that is, acceptable mean comfort level.

Keywords: office building, air quality, user adaptation, potential efficiency.