

## EVALUACIÓN DE LOS CONCEPTOS ENERGÉTICOS Y DEL CONFORT TÉRMICO EN EL EDIFICIO CENTRAL DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN JUAN

**Fabrizio Corallo<sup>(1)</sup>, Ernesto Kuchen<sup>(1)</sup>, Guillermo E. Gonzalo<sup>(2)</sup>.**

(1) IRPHa, Instituto Regional de Planeamiento y Hábitat, Facultad de Arquitectura, Urbanismo y Diseño, UNSJ, Argentina. e-mail: [fabrizio\\_corallo@hotmail.com](mailto:fabrizio_corallo@hotmail.com); [ernestokuchen@faud.unsj.edu.ar](mailto:ernestokuchen@faud.unsj.edu.ar)

(2) IAA, Instituto de Acondicionamiento Ambiental, Facultad de Arquitectura y Urbanismo, UNT, Argentina. e-mail: [gegonzalo@gmail.com](mailto:gegonzalo@gmail.com)

### **Resumo**

*Este trabalho mostra os resultados do levantamento das condições de conforto térmico e eficiência energética no Edifício Central da U.N.S.J. (ECU), que se encontra localizado na província de San Juan, Argentina, em um clima temperado-quente e seco. O objetivo deste trabalho é obter valores de referencia do consumo energético e da contribuição das condições de conforto térmico em espaços de trabalho. Para fazer isso, propomos um estudo "in situ" do tipo e fonte de energias utilizadas e um seguimento do tipo transversal, que consiste em medidas com sensores e pesquisas com os usuários dos espaços de trabalho. A correlação entre os dados subjetivos e objetivos permite que você encontre potenciais de eficiência para racionalizar o uso da energia e melhorar as condições de conforto. Do levantamento se obtêm que o fator de ocupação do espaço de trabalho e o tipo de equipamento de artefatos elétricos influem no consumo energético e superam em duas vezes as normas de conservação e eficiência energética. Da avaliação se demonstra potenciais de eficiência energética de cerca de 30% sem afetar os níveis de aceitação térmica de 70%.*

**Palavras-chave:** Conforto térmico, ENOB-Standard, Potencial de otimização, Monitoramento energético.

### **Abstract**

*This paper shows the results of a field study on energy efficiency and thermal comfort, carried out in the Central Building of the Federal University of San Juan, Argentina affected by dry warm temperate climate. The aim of this paper is to achieve reference values of the baseline energy consumption and the thermal comfort conditions in workspaces. The methodology consists of an on site spot monitoring attending the type and source of energy used and a cross study using measurements with sensors and simultaneously surveys of users in their workspaces. The data correlation allows finding potential efficiency to rationalize energy use and maintain thermal comfort sensation. From the survey is finding that the occupancy factor of users in workspace and type of electric equipment have a considerable influence on energy consumption and exceed twice the proposed value of standards of energy conservation. The evaluation shows potential energy efficiency upper than 30% without affecting thermal acceptance levels of 70%.*

**Keywords:** Thermal comfort, Standard ENOB, Optimizations potential, Energy monitoring.

## **1. INTRODUÇÃO**

Internacionalmente la optimización de conceptos energéticos y del confort en edificios permite hacer un uso más eficiente de la energía. Ello constituye la medida más significativa a corto y mediano plazo, para lograr reducir las emisiones de CO<sub>2</sub> y otros gases de efecto invernadero (LUTZ, 2003). La crisis del petróleo del '70 conduce a países desarrollados a depender de importaciones energéticas e inmediatamente a la elaboración de pautas de ahorro

para el uso racional y eficiente de la energía en la construcción. El desarrollo de normativas internacionales se orienta a reducir demandas de energía en edificios (ver (ENEV, 2009) y (DIN EN 18599, 2008)), tendientes a mantener niveles de confort dentro de límites aceptables (ver (ISO 7730, 2006) y (ASHRAE 55, 2004)).

En América Latina se observa un creciente índice de consumo energético por persona. En los '80 se manifiesta el interés en generar aportes a la dinámica de consumo actual y políticas para el cuidado energético, ambiental y económico de recursos (LAMBERTS, 2007). En Argentina, a mediados de los '80 se inicia el PRONUREE (Programa Nacional de Uso Racional y Eficiente de la Energía), el PIEEP (Proyecto de Incremento de la Eficiencia Energética y Productiva de la Pequeña y Mediana Empresa), el PROCAE (Programa de Calidad de Artefactos Energéticos) y el PAyEEEP (Programa de Ahorro y Eficiencia Energética en Edificios Públicos), entre otros. El PAyEE (Programa de Ahorro y Eficiencia Energética), manifiesta que los edificios públicos representan un potencial de ahorro energético. La Subsecretaría de Energía Eléctrica de la Nación expresa la prioridad de iniciar un Programa específico de Eficiencia Energética en los Edificios Públicos de la Nación, con el objetivo principal de actuar de forma ejemplar sobre los demás sectores (LUTZ, 2003).

La norma argentina IRAM 11603 (1996), funciona como una recomendación para cubrir demandas térmicas y poder alcanzar un cierto grado de eficiencia energética. La IRAM 11900 (2009), consiste en una etiqueta de eficiencia energética de calefacción para edificios y sirve para informar al consumidor sobre la eficiencia térmica de la envolvente del edificio. En relación a los condicionantes climáticos interiores de edificios, Argentina, no posee estándares nacionales que se adapten a las características de cada región, por lo cual, se tiende a utilizar estándares internacionales como el ASHRAE-55 (2004), el ISO 7730 (2006) y el ISSO-74 (2004).

Este trabajo se desprende de investigaciones llevadas a cabo en el marco del proyecto EEC (Eficiencia Energética y Confort en Espacios de Trabajo), Cod.:PICT-304/2010, (KUCHEN, 2010), mediante el cual se abordan una serie de edificios de oficina con características de referencia. Con el fin de obtener indicadores para la evaluación energética del edificio y de confort de los usuarios de espacios de trabajo, se lleva a cabo un trabajo de campo en los períodos de invierno, verano y transitorio, en base a un relevamiento del consumo energético y la potencia instalada y a través de mediciones y encuestas. El monitoreo del Edificio Central de la Universidad Nacional de San Juan (Sede de Rectorado), permite tener un panorama holístico sobre el funcionamiento. El edificio se evalúa en relación a estándares internacionales sobre el cuidado de la energía y el confort en la etapa de post-ocupación y se elaboran pautas de corrección para un funcionamiento más eficiente.

## **2. OBJETIVO**

Disponer de indicadores de referencia para la evaluación del grado de eficiencia del funcionamiento de edificios de la administración pública nacional en su etapa de post-ocupación.

## **3. OBJETO DE ESTUDIO Y METODOLOGIA**

### **3.1. El Edificio**

El edificio Central de la Universidad (ECU) proyectado por los arquitectos Farina-Rice, Harispe, Quintas y Casado se construye entre 1949 y 1952. Según la Norma IRAM 11603 (1996), ECU se emplaza la zona bioambiental IIIa con clima templado cálido y temperatura

exterior media anual de 17,2 °C. ECU se proyecta bajo conceptos de arquitectura bioclimática. Se destaca la inercia térmica de muros perimetrales, el uso de parasoles horizontales y verticales, el porcentaje de vidrio en aberturas según orientación de fachadas (ver Figura 1) y el desarrollo longitudinal en sentido este-oeste, logrando obtener ventajas en ganancia/rechazo solar en función de las diferentes estaciones del año (KUCHEN et al., 2011).

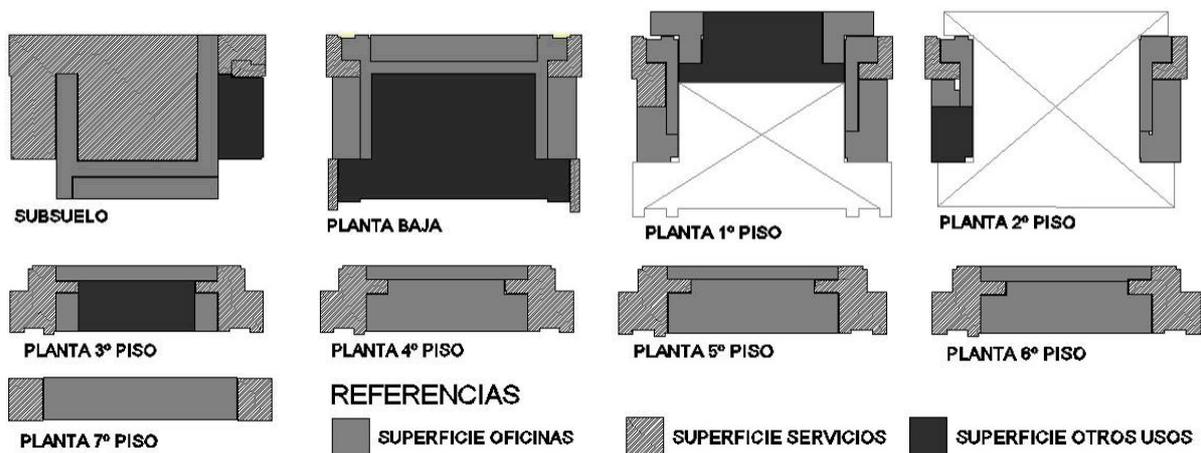
Figura 1 – Aberturas y protecciones solares en función de la orientación de fachadas



Al norte, un 30 % de vidrio sobre fachada junto con parasoles horizontales permite disminuir la ganancia solar en verano y el ingreso de sol adecuado en invierno. Contrariamente, la fachada sur, con un 50 % de superficie transparente posibilita el aprovechamiento de corrientes de aire en verano (dirección viento predominante sur-este) y enfriamiento radiativo nocturno de espacios de trabajo. Las fachadas este y oeste con porcentaje de vidrio < 10 %, disponen de parasoles verticales móviles posibilitando la ganancia o el rechazo de radiación solar en invierno o verano respectivamente.

ECU posee funciones que pueden agruparse en tres sectores: OFICINAS (espacios de trabajo), SERVICIOS (sala de máquinas, archivo, baños, ascensores y escaleras) y OTROS USOS (hall, sala de convenciones, sala de teatro, sala de concejo), (ver Figura 2). El sector OFICINAS predomina en un 45,9 % del total de superficie útil, el sigue SERVICIOS con el 30 % y OTROS USOS con el 24,1 % restante.

Figura 2 – Sector de estudio: OFICINAS y ubicación de SERVICIOS y OTROS USOS



### 3.2. Climatización

La Figura 3a muestra la zonificación del sistema de calefacción. Este consta de una caldera de vapor de 320 kW semiautomática con válvulas de accionamiento manual, que abastece la totalidad del edificio mediante tres circuitos que se distribuyen en las zonas A: hall, sala de convenciones, OFICINAS en Planta Baja ubicadas sobre fachada norte y parte del Subsuelo, B: OFICINAS al este y oeste del edificio en Planta Baja, 1° y 2° Piso y C: OFICINAS del 3° al 7° Piso.

La Figura 3b muestra el sistema de refrigeración. Este se compone de un compresor de 33,9 kW que abastece el hall, sala de convenciones, OFICINAS en Subsuelo, Planta Baja y OFICINAS al este y oeste del edificio en Planta Baja, 1° y 2° Piso (Zona A), acondicionadores splits de 13,9 kW cada uno, del 3° al 6° Piso (Zona B), y acondicionadores Split individuales que en total suman 21 kW, ubicados por oficina en el 7° Piso, (Sector C)

Figura 3 – Zonas A, B y C para calefacción y enfriamiento

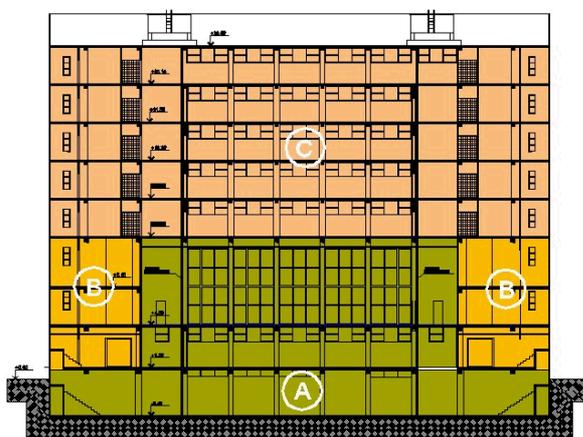


Figura 3a: Zonificación de calefacción



Figura 3b: Zonificación de refrigeración

### 3.3. Estándar de Referencia

El desarrollo de este trabajo de campo permite documentar el grado de eficiencia que alcanza el edificio. Como estándar de referencia para la comparación, se consideran las exigencias impuestas por el Programa EnOB “Energie Optimiertes Bauen” (Optimización energética de la construcción), elaborado en Alemania para edificios demostrativos sobre los cuales se impone un valor de demanda de energía primaria (PE) para iluminación, calefacción/enfriamiento y ventilación de  $100 \text{ kWh}_{\text{prim.}}/\text{m}^2\text{a}$  (ver (PLESSER et al., 2008)). El consumo de un recurso energético genera emisiones con mayor o menor costo ambiental. Cabe aclarar que el recurso energético en estado original reciben el nombre de PE y cambia su nombre al convertirse/transformarse en Energía Secundaria (SE) y consumirse en Energía Final (FE). Esto conduce a considerar el valor equivalente de consumo de FE en PE, lo cual dependerá de la composición de la matriz energética de la cual se nutre el edificio para funcionar (ver (ENOB, 2008) y (ENEV, 2009)). Para ello, el valor de FE en  $[\text{kWh}/\text{m}^2\text{a}]$  se multiplica por factores de reducción normalizados para cada tipo de PE.

### 3.4. Intervención

En este trabajo de campo se pone especial énfasis en encontrar potencialidades y restricciones del sector OFICINAS. Para evaluar los aspectos energéticos y del confort de los usuarios en sus espacios de trabajo, que afectan a la eficiencia del funcionamiento del edificio ECU, se

lleva a cabo un trabajo de campo de tipo transversal. Mediante el relevamiento de aspectos técnico-constructivos, de consumos, equipamiento y mediante mediciones y encuestas en invierno, verano y período transitorio (KUCHEN, 2008), se conoce el comportamiento energético anual del edificio y la influencia del usuario sobre el control de variables ambientales. Se enumeran tipo y cantidad de equipamiento del sector OFICINAS (Ej.: monitor, ordenador, impresora, luminaria, lámparas, etc.), se determina la demanda energética de una oficina promedio y la demanda energética anual por superficie unitaria del sector. El valor de consumo de energía final (lectura de medidores).

El confort del usuario de espacios de trabajo se estudia mediante una medición y una encuesta simultánea en verano, invierno y período transitorio. Se toman espacios de OFICINAS representativos dentro del edificio. La medición comienza a las 8:00 y dura hasta las 13:30 hs. Se emplean sensores de alta precisión tipo HOBO. Una medición móvil dentro del edificio permite relevar los parámetros temperatura del aire, humedad relativa y concentración de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>). Para ello se emplean: sensor HOBO (U12-012) y sensor TELAIR 7001 con datalogger (U12-006). Un sensor HOBO (UA-001-64), en la azotea permite tomar registro de la temperatura y humedad relativa exterior simultáneamente a la medición interior. El sensor móvil se ubica junto al espacio de trabajo de un usuario a  $0,90 \pm 0,20$  m sobre el nivel del piso. Se miden como mínimo, 3 espacios por piso. La medición dura 5 minutos por espacio de trabajo. Se contempla un período de adaptación térmica del sensor de 3 minutos y 2 minutos adicionales para el traslado del instrumental dentro del edificio. Como máximo es posible relevar 6 espacios por hora. El intervalo de medición es de 1 minuto.

Paralelamente a la medición móvil, el usuario responde una encuesta corta (dos carillas). Las preguntas se refieren a aspectos psicológicos, fisiológicos y físicos del usuario respecto del ambiente en que se encuentra y se responden mediante escalas de valor. Entre las preguntas se destaca el voto de sensación, el acceso manual al control del ambiente térmico y percepción de calidad del aire de los usuarios en sus espacios de trabajo. El método de medición y la encuesta se elaboran sobre la base de los objetivos propuestos y en relación al modelo desarrollado en (KUCHEN, 2008).

#### **4. EVALUACION DE LOS RESULTADOS**

Edificios analizados en otros países y valores objetivo que promueven algunos programas de estandarización para el cuidado de la energía como EnOB (2008) o EnBop “Energie Betriebsoptimierung” (Optimización energética del edificio en su etapa post-ocupación), (ver (ENOB 2008)), permiten referenciar a ECU dentro del contexto internacional.

Los valores de consumo energético anual de ECU en relación a los valores de medición de variables ambientales y a los criterios de valor que aportan los usuarios con la encuesta, permite visualizar potencialidades de eficiencia para el funcionamiento global del edificio. El voto de sensación térmica de la encuesta junto con la temperatura del aire interior y exterior de medición aportan la información para el análisis y permiten visualizar los niveles de confort de los usuarios (KUCHEN et al., 2011).

##### **4.1. Demanda Energética en OFICINAS**

Del relevamiento se obtiene que una oficina promedio tiene una superficie de  $24 \text{ m}^2$ , trabajan 3 (tres) usuarios y está equipada con artefactos de consumo eléctrico según se muestran a continuación: La Figura 4a muestra la distribución porcentual de diferentes artefactos de consumo eléctrico que se hallan presentes en una oficina promedio. La Figura 4b indica la demanda de energía de dichos artefactos eléctricos en términos porcentuales para la oficina

promedio.

En la Figura 4a, se destaca el artefacto “Lámpara Compacta” en mayor cantidad, el cual no representa una demanda de energía significativa (14%). En relación a este ítem existen dos tipos: Fluorescente Tubular y Fluorescente Compacta. Se destaca que el valor de demanda energética de tres Lámparas Fluorescentes Compactas es similar al de una Lámpara Fluorescente Tubular.

El artefacto Estufa eléctrica alcanza el 1,9% en cantidad (no aparece en la Figura 4a) y la demanda de energía se ubica en segundo lugar, representando el 20% del total (ver Figura 4b). La mayor demanda energética se corresponde con el ítem PC (computadora personal), representando cerca del 50% de la demanda total.

Figura 4a: Distribución porcentual de artefactos de consumo eléctrico en oficina promedio.

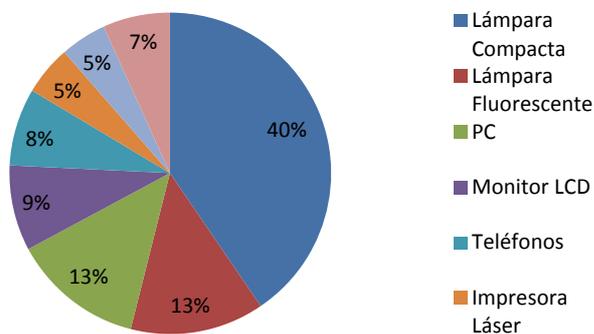
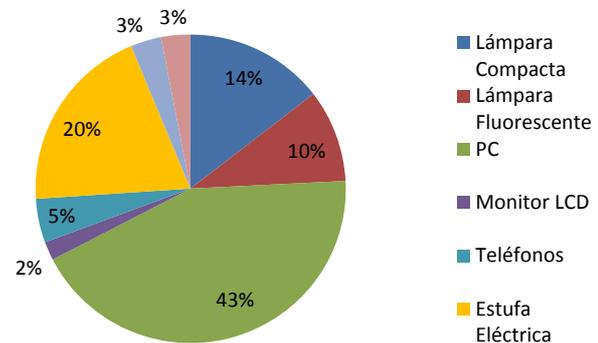


Figura 4b: Distribución porcentual de demanda energética por artefacto en oficina promedio



## 4.2. Eficiencia Energética

La demanda energética de Artefactos eléctricos se suma a la demanda del equipamiento para Ventilación, Refrigeración, Calefacción e Iluminación para el sector de OFICINAS del edificio ECU, alcanzando un valor de 153,64 kWh/m<sup>2</sup>a.

El valor de consumo real anual de energía final (FE) de ECU (lectura de medidores), para el sector de OFICINAS en 2010, alcanza los 161,1 kWh/m<sup>2</sup>a, valor que se ubica por debajo de 170,57 kWh/m<sup>2</sup>a, consumo promedio de 10 edificios construidos recientemente, ubicados en el país vecino de Chile y considerados eficientes energéticamente.

Consumir 161,1 kWh/m<sup>2</sup>a de FE tiene un costo ambiental equivalente a consumir 180,55 kWh<sub>prim</sub>/m<sup>2</sup>a de energía primaria (PE). La Figura 5a muestra el consumo de PE en términos porcentuales para ECU. Para la comparación, la Figura 5b muestra la distribución de valores de referencia de demanda de energía PE, propuestos por el estándar EnOB (2008). Se observan algunas similitudes entre las Figuras 5a y 5b. Por ejemplo: el ítem Artefactos eléctricos representa un elevado porcentaje en ambos casos y el de Iluminación muestra distribuciones semejantes.

El consumo energético de Artefactos eléctricos en ECU (89,19 kWh/m<sup>2</sup>.a) duplica la demanda propuesta por el estándar alemán (40 kWh/m<sup>2</sup>.a). Esta diferencia se debe al factor de ocupación de espacios de trabajo, siendo de 8 m<sup>2</sup> de superficie de OFICINAS/Persona en ECU y de entre 15–20 m<sup>2</sup>/Persona en edificios alemanes. Este aspecto también afecta al ítem Refrigeración, ya que al haber más ocupantes por oficina, se requieren mayores niveles de renovación de aire, por ende un posible incremento en la apertura de ventanas para la ventilación natural provocando mayores solicitudes en el equipamiento.

El valor bajo del ítem Ventilación en el ECU, está asociado al régimen de funcionamiento del sistema de climatización (Calefacción/Enfriamiento), ya que cuando este no se encuentra en uso, el único mecanismo para mantener condiciones de calidad del aire adecuadas es la apertura de ventanas. En relación esto, los valores objetivos propuestos por el programa EnOB (2008), para el ítem Ventilación representan mayor demanda. Esto se justifica porque los edificios en el país europeo poseen una elevada hermeticidad, lo cual induce a mantener niveles adecuados de renovación del aire en relación a niveles máximos de concentración de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) y cantidad de partículas orgánicas volátiles en suspensión (VOC). Para el estándar EnOB (2008), el sistema de ventilación funciona durante todo el período anual y los niveles de calidad de aire se definen dentro de rangos estipulados en las normas (ver (DIN EN 13779, 2007) y (DIN 1946-2, 1994). Además la exigencia de aplicación de la ordenanza EnEV (2009), de conservación de energía conducen a un alto porcentaje de uso de ventilación forzada durante todo el período anual (ver (LEAO et al., 2008) y (KUCHEN et al., 2009)).

Figura 5a: Consumo de energía primaria en el sector de OFICINAS en el ECU.

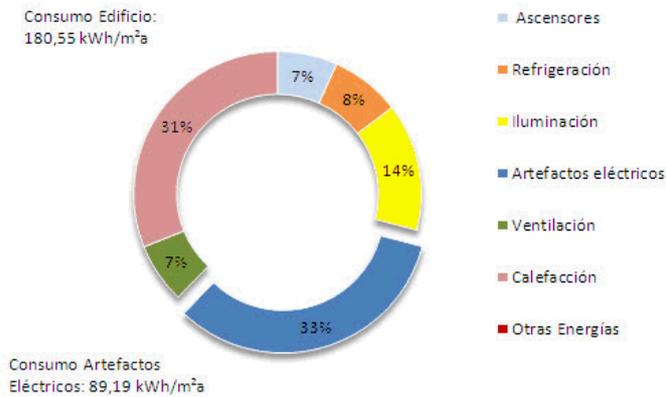
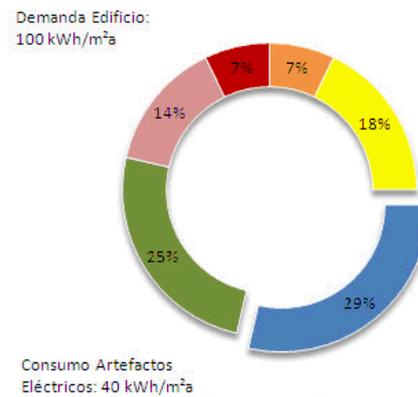


Figura 5b: Demanda de energía primaria, según Programa (ENOB, 2008)



Se observa que el ítem Refrigeración en ECU es bajo. Se prevé que la demanda de enfriamiento es baja porque el edificio responde adecuadamente al clima local y es afectada además por el receso de personal de 30 días, en el período de verano.

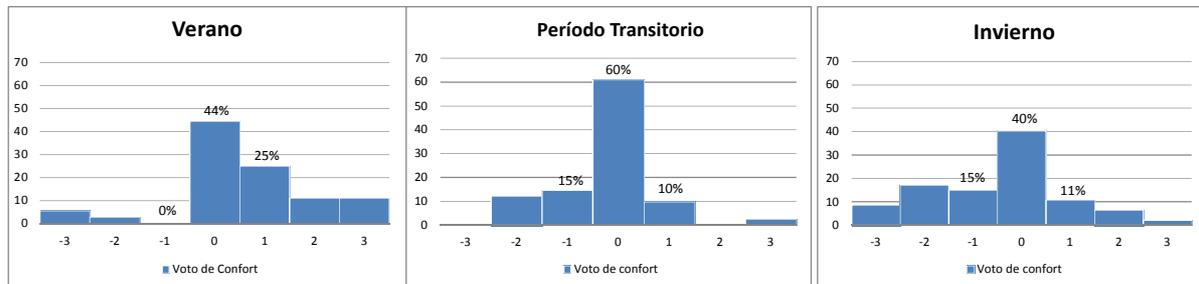
El valor de consumo de energía para el ítem Calefacción en ECU duplica al valor de demanda para el mismo ítem según el estándar EnOB (2008). Esta gran diferencia se debe a las exigencias del estándar EnEV (2009), sobre aislación térmica, infiltraciones de aire, hermeticidad y conductividad de los elementos de la envolvente de edificios alemanes. A su vez el valor elevado del ítem Calefacción en ECU se debe al empleo de gas natural como forma de energía primaria lo cual acarrea mayores costos ambientales (emisiones) y por ende un equivalente superior de energía primaria.

### 4.3. Confort térmico

Se recolectan 124 encuestas (votos) en el sector de OFICINAS de ECU, a lo largo de las estaciones de invierno, verano y período transitorio. La sensación térmica del usuario durante la medición móvil se contabiliza mediante el uso de la escala de valor de 7-puntos de ASHRAE (ver (ASHRAE 55)). Sobre dicha escala, el usuario promedio estima su sensación térmica CV (Comfort Vote) al elegir valores que van desde -3 (mucho frío), -2 (frío), -1 (algo de frío), 0 (neutro), +1 (algo de calor), +2 (calor), hasta +3 (mucho calor), pudiendo elegir valores intermedios.

La Figura 6 muestra la distribución porcentual del voto de sensación térmica de los usuarios en función de las distintas estaciones del año. Se considera que los usuarios que votan 0 (cero) sobre la escala de siete puntos se encuentran confortables, es decir no prefieren un entorno más cálido y más frío que el que poseen. Aquellos que votan dentro del rango definido por los valores -1 (algo de frío) y +1 (algo de calor) sobre la escala de 7 puntos de ASHRAE (25%), sentirían disconformidad térmica moderada. Según el criterio (FANGER, 1970) e indicaciones de la norma ISO 7730, el porcentaje de disconformidad no superaría el 30% y con ello la aceptación térmica de los usuarios alcanzaría el 70%.

Figura 6: Voto de Confort emitidos por los usuarios en los períodos Verano, Transitorio e Invierno.



En la Figura 7 se observa el empleo de la estrategia de apertura de ventanas por los usuarios. La apertura de ventanas constituye una estrategia de adaptación térmica para los usuarios. En el período de verano CV oscila entre  $+0,53 \pm 1,42$  sobre la escala de ASHRAE, es decir se encuentra dentro de la zona de “algo de calor” (ver Tabla 1). De relacionar estos datos con las Figuras 6 y 7 se observa que aún con temperatura interior media de  $26,1 \pm 0,8$  °C, es decir, por encima del límite de confort definido como Categoría B (confort térmico aceptable), definido por estándares internacionales para edificios con climatización (ver (ASHRAE 55, 2004) y (ISO 7730, 2006)), el porcentaje de apertura de ventana es muy elevado aún cuando la temperatura exterior alcanza  $32,1 \pm 1,4$  °C durante las mediciones. La elevada frecuencia de ventanas abiertas en el período de verano afectaría la eficiencia del sistema de climatización provocando mayores solicitaciones al equipamiento para reducir cargas térmicas. Esto se traduce en un incremento del consumo energético.

Figura 7: Porcentajes de aperturas de ventana en las diferentes estaciones del año.

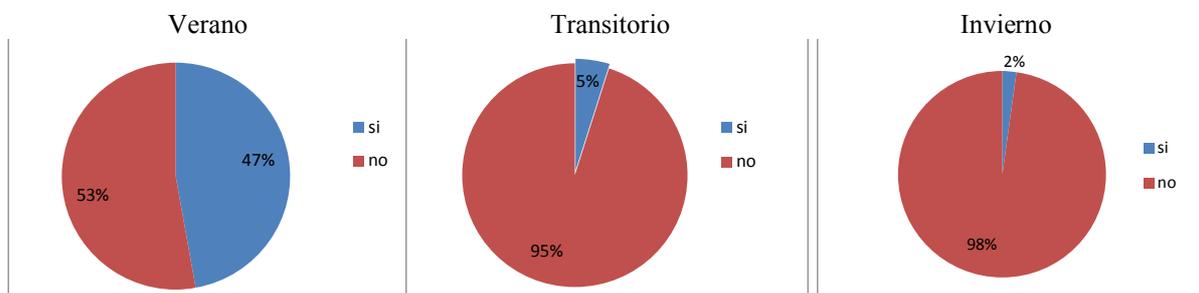


Tabla 1: Datos de temperatura exterior, interior y voto de sensación térmica emitido sobre la escala de 7 puntos de ASHRAE

Temp. Ext. Media [°C]	Temp. Ext. Máx. [°C]	Temp. Ext. Mín. [°C]	Temp. Int. Media [°C]	Temp. Int. Máx. [°C]	Temp. Int. Min. [°C]	Voto Confort Medio	Voto Confort Máx.	Voto de Confort Min.
-----------------------	----------------------	----------------------	-----------------------	----------------------	----------------------	--------------------	-------------------	----------------------

Verano	32,1±1,4	34,2	28,3	26,1±0,8	27,1	24,7	0,53±1,42	3	-3
Transitorio	13,3±2,8	17,4	8,9	21,9±1,7	25,0	18,7	-0,29±0,97	3	-2
Invierno	8,4±4,0	13,1	4,0	22,2±1,5	25,8	19,3	-0,50±1,41	3	-3

En período transitorio e invierno la frecuencia de apertura de ventanas es muy baja con lo cual se exigen elevar los porcentajes de mezcla para ventilación, es decir elevar los niveles de renovación de aire adecuados para espacios interiores. En el período transitorio los usuarios se manifiestan con mejor sensación de confort térmico. El 60% de los usuarios votan 0 (cero) sobre la escala de 7-puntos de ASHRAE (ver Figura 6). La baja apertura de ventanas del 5% en el período transitorio permite mantener una temperatura interior en torno a  $21,9 \pm 1,7$  °C. El voto  $CV = -0,29 \pm 0,97$ , podría deberse a fallas en la hermeticidad/aislación del cerramiento.

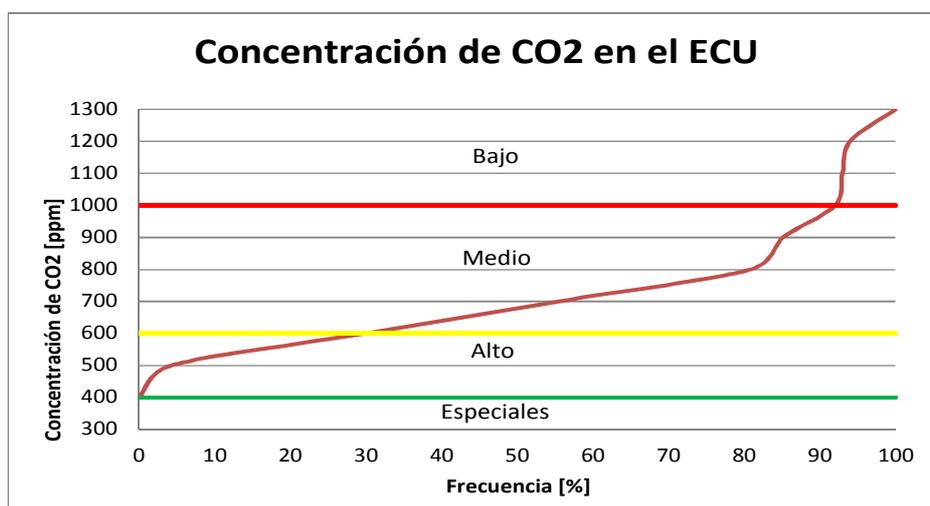
En invierno se relevan temperaturas interiores mayores al período transitorio (ver Tabla 1) y un incremento de la disconformidad térmica  $CV = -0,50 \pm 1,41$ . De no poseer un sistema de climatización total, una apertura de ventanas del 2% conduciría a niveles elevados de concentración de dióxido de carbono, CO<sub>2</sub>. Este gas es indicador de las necesidades de recambio de aire en ambientes interiores.

#### 4.4. Calidad del aire

Normas internacionales definen las exigencias de referencia para calidad del aire en interiores de espacios habitables (ver (DIN EN 13779)). Esta norma presenta una calificación de la calidad del aire en baja, media, alta y casos especiales, en función de la concertación del gas CO<sub>2</sub>. La Figura 8 muestra límites definidos por la norma y los niveles de CO<sub>2</sub> que se obtienen de la medición de invierno en 47 espacios de trabajo donde las ventanas pueden ser accionadas manualmente.

Considerando que solo el 2% de las ventanas se encuentran abiertas en el momento de la medición (ver Figura 7), el 30% mantiene calidad del aire muy buena, el 60% calidad media y sólo un 10 % se encuentra dentro de la zona de calidad del aire baja.

Figura 8: Suma de frecuencia de valores de medición de concentración del CO<sub>2</sub> en el ECU en invierno.



En la Figura 8 se muestra que el sistema de ventilación en el período de invierno es efectivo y beneficioso para los usuarios y podría interpretarse que el aporte de condiciones de confort

prevalece sobre el cuidado de la energía. Todos estos aspectos son de elevada importancia para la evaluación del funcionamiento energético del edificio

## CONCLUSIONES

Las particularidades del diseño bioclimático propios del edificio ECU, le permiten alcanzar mejor valor medio de consumo que otros con similares características. La definición de un valor objetivo de demanda de energía primaria, por ejemplo: 100kWh/m<sup>2</sup>.a, constituye el punto de partida para el criterio de eficiencia en la comparación de edificios. Aunque además de contabilizar los ítemes Iluminación, Ventilación, Calefacción y Refrigeración se debe incorporar el ítem de análisis “Artefactos eléctricos” que es el más relevante en este caso de estudio ( $\approx 90\text{kWh/m}^2\text{.a}$ ) y también dentro del entorno centroeuropeo ( $\approx 40\text{kWh/m}^2\text{.a}$ ). Este ítem posee un elevado potencial de mejoramiento.

El “factor de ocupación” debe considerarse como unidad de comparación de la demanda energética objetivo por edificio, ya que en el caso analizado es casi tres veces mayor (8m<sup>2</sup>/Persona) a los valores de referencia europeos (15-20m<sup>2</sup>/Persona).

A su vez, este aspecto tendrá marcada influencia sobre las demandas de refrigeración, las necesidades de recambio de aire, la suba de cargas térmicas interiores y con ello sobre un posible incremento en la apertura de ventanas en el período de verano ( $\approx 50\%$ ).

A la actualidad, la envolvente del edificio no ha sido saneada en su totalidad. En más de un 60%, es la misma que hace 70 años. De aquí, la existencia de una baja estanqueidad, deficiente aislación de muros perimetrales y fugas en cerramientos. Esta es la razón detectada de la bondad de la calidad del aire en el período de invierno (90% valores < 1000ppm).

Entre las propuestas de solución para el cuidado de la energía se destacan: la eliminación de fugas en fachada, la manutención de sistemas de ventilación, el control del “setpoint” variable de temperatura de los equipo, de ventiladores del sistema de ventilación, fallas hidráulicas y control sobre apertura de ventanas, que son de bajo costo y que conducen a ahorros inmediatos estimados en un 30% según estándares de referencia.

A futuro la aislación de muros perimetrales y techo, el reemplazo de equipamiento de consumo eléctrico existente por otros más eficientes conduciría a elevar la eficiencia energética, posiblemente en más de un 30% adicional.

Se recomienda mantener la posibilidad de control manual de los usuarios. La elaboración de un manual para el usuario permitiría informar del buen/mal accionar sobre el control de variables ambientales en el interior de sus espacios de trabajo. A su vez, el control automático que vincule la ocurrencia del clima exterior permitiría accionar protecciones sobre la envolvente del edificio sin necesidad de la presencia de usuarios u operarios.

Estos aspectos permiten concluir que cada edificio posee un enorme potencial de maximización de los niveles de eficiencia y que existen diferentes caminos para alcanzarlos. Una propuesta de solución integral para corrección de fallas del funcionamiento garantiza la durabilidad del edificio durante su vida útil.

## REFERÊNCIAS

AMERICAN SOCIETY OF HEATING, REFRIGERATING AND AIR-CONDITIONING ENGINEERS (ASHRAE) **ASHRAE-55**: Thermal environmental conditions for human occupancy (Supersedes ANSI/ASHRAE Standard 55:1992). ASHRAE Inc., Atlanta, USA, 2004

DEUTSCHES INSTITUT FÜR NORMUNG (DIN) **DIN 18599**: Energetische Bewertung von Gebäuden – Berechnung des Nutz-, End- und Primärenergiebedarfs für Heizung, Kühlung, Lüftung, Trinkwarmwasser und

Beleuchtung. Berlin: Beuth, 2007-02.

DEUTSCHES INSTITUT FÜR NORMUNG (DIN) **DIN 1946-2**: Raumluftechnik. Gesundheitstechnische Anforderungen, VDI-Lüftungsregeln. 1994.

DEUTSCHES INSTITUT FÜR NORMUNG. EUROPÄISCHE NORMEN (DIN EN) **DIN EN 13779**: Lüftung von Nichtwohngebäuden. Allgemeine Grundlagen und Anforderungen an Lüftungs- und Klimaanlage. Deutsche Fassung EN 13779; Substitute for DIN 1946-2:1994-01. 2007.

ENERGIE EINSPARVERORDNUNG (ENEV) **ENEV 2009**: Verordnung über energiesparenden Wärmeschutz und energiesparende Anlagentechnik bei Gebäuden (Energieeinsparverordnung - EnEV). Berlin, 2009.

ENOB 2008. Energie Betriebsoptimierung. <http://www.enob.info>

FANGER, P.O. Thermal Comfort. Technical University of Denmark, Laboratory of heating and Air Conditioning; Danish Technical Press, Copenhagen, 1970.

INSTITUTO ARGENTINO DE NORMALIZACIÓN Y CERTIFICACIÓN (IRAM) **IRAM 11603**: Acondicionamiento térmico de Edificios. Clasificación bioambiental de la república Argentina, 1996.

INSTITUTO ARGENTINO DE NORMALIZACIÓN Y CERTIFICACIÓN (IRAM) **IRAM 11900**: Etiqueta de eficiencia energética de calefacción para edificios. Clasificación según la transmitancia térmica de la envolvente, 2009.

INSTITUUT VOOR STUDIE EN STIMULERING VAN ONDERZOEK (ISSO) **ISSO 74**: Thermische Behaaglijkheid, Publication 74, ISSO, Rotterdam, Holland, 2004.

INTERNATIONAL STANDARD ORGANIZATION (ISO) **ISO 7730**: Ergonomics of the thermal environment. Analytical determination and interpretation of thermal comfort using calculation of the PMV and PPD indices and local thermal comfort criteria, 2006.

KUCHEN, E. EEC-Eficiencia Energética y Confort en Espacios de Trabajo. **Proy. PICT**, Cod. 304/10, Financiación: ANPCyT: Agencia de Promoción Científica y Tecnológica, MINCyT: Ministerio de Ciencia y Tecnología de la Nación, Argentina, 2010.

KUCHEN, E. Spot-Monitoring zum thermischen Komfort in Bürogebäude. Tese (Doutorado em Arquitetura) – Technische Universität Braunschweig. Der Andere Verlag 203 f., Tönning, Alemania, 2008.

KUCHEN, E.; FISCH, M. N.; LEAO, M., LEAO, E. Optimum Indoor Air-Quality defined by Measurements and Questionnaires in German Office Buildings. **Bauphysik**, v. 31, n. 5, p. 313-318, 2009.

KUCHEN, E.; GONZALO, G. E.; CORALLO, F. Evaluación empírica de rangos de aceptación térmica en espacios de trabajo en clima cálido seco. **ELECS**, Vitória, 2011.

LAMBERTS, R.; GOULART, S.; CARLO, J.; WESTPHAL, F.; PONTES, R. O. Regulamentação de etiquetagem voluntária de nível de eficiência energética de edificios comerciais e públicos, 2007.

LEAO, M.; FISCH, M. N.; MÜSCH, W.; LEAO, E.; KUCHEN, E. The evolution of Energy Efficiency Policy in Germany and the applicability in hotter climate countries. Paper Nr. 678, 25th PLEA08, Dublin, Ireland, 2008.

LUTZ, W. Programa de Ahorro y Eficiencia Energética en el Mercado Eléctrico Argentino. Identificación de las Características, Lineamientos Generales y Opciones para una Propuesta PPyEE. Secretaría de Energía Eléctrica de la Nación y Deutsche Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit, 2003.

PLESSER, S.; KUCHEN, E.; FISCH, M. N. The New House of the Region of Hannover. Using EPBD-strategies to improve energy efficiency in the building lifecycle. Improving Energy Efficiency in Commercial Buildings, IEECB '08, Frankfurt, Germany, 2008.