



7^{mo}
Congreso de
Medio Ambiente

Actas 7mo Congreso de Medio Ambiente AUGM
22 al 24 de mayo de 2012. UNLP. La Plata Argentina

**PROPUESTAS DE DISEÑO PARA EL MEJORAMIENTO DE LAS
CONDICIONES AMBIENTALES EN EDIFICIOS DE LA
UNIVERSIDAD NACIONAL DE TUCUMÁN**

**Design proposals for improving environmental conditions in buildings of the
National University of Tucuman**

Guillermo Gonzalo, Viviana Maria Nota, Sara Lia Ledesma, Cecilia Fernanda Martínez,
Susana Cisterna, Graciela Inés Quiñones, Gabriela Márquez Vega, Cristina del Valle
Llabra, Luciano Garbero, Lidia Ester Martorell Ester Martorell, Celmira Noemí Noemí
de Fátima Piquard

Centro de Estudios Energía y Medio Ambiente, Instituto de Acondicionamiento Ambiental,
Facultad de Arquitectura y Urbanismo, Universidad Nacional de Tucumán.

Av. Roca 1900, 4000 Tucumán, Argentina. Tel.+ 54 381 4364093 int. 7914

* Autor para correspondencia: vnota01@yahoo.com.ar

Palabras claves: arquitectura, medio ambiente, escuelas, oficinas

Keywords: architecture, environment, schools, offices

Título abreviado: Condiciones ambientales UNT

ABSTRACT

Are shown and explained in this paper, the design proposals made to improve environmental conditions in classrooms and offices of the UNT, in order to achieve the best possible indoor comfort while reducing consumption of conventional energy. The selection of some buildings of the National University of Tucumán for this study,

respond, among others, in order to generate models for demonstration and visualization, for professionals, future professionals, and community in general. The assessment of environmental conditions in selected rooms was performed using specific instruments (data loggers, light meter, calculation software, etc.) as well as surveys with users. Some suggestions were proposed to improve the thermal and light aspects which were evaluated by measurements on scale models, software for calculation and graphical methods. The results achieved demonstrated the feasibility of implementing design solutions, with minimal cost, improve environmental conditions in the buildings of the UNT, helping to improve the quality of life of teachers, students and employees and reduce the use of non-renewable energies.

RESUMEN

El presente trabajo muestra las propuestas de diseño realizados para el mejoramiento de las condiciones ambientales en aulas y oficinas de la Universidad Nacional de Tucumán (UNT), con el objeto de alcanzar óptimas condiciones de confort interno a la vez de disminuir el consumo de energías convencionales. La elección de edificios de la UNT para este estudio responde, entre otros, al objetivo de generar modelos demostrativos, de visualización tanto para los profesionales, los futuros profesionales, como de la comunidad en general. Se realizó la evaluación de las condiciones ambientales de los locales seleccionados tanto con el uso de instrumental específico (registradores de datos, luxómetros, cálculos computacionales, entre otros) como así también con la realización encuestas a los usuarios. Se llevaron a cabo propuestas de mejoramiento térmico y lumínico las que fueron evaluadas mediante mediciones en modelos a escala, programas de cálculo y métodos gráficos. Los resultados alcanzados permitieron demostrar que es posible el planteo de soluciones de diseño que, con un mínimo costo, mejoren las condiciones ambientales de los edificios de la UNT, contribuyendo a mejorar la calidad de vida de docentes, alumnos y personal administrativo y a disminuir el uso de energías no renovables.

INTRODUCCIÓN

Este estudio se encuentra enmarcado dentro de las tareas realizadas en el Programa de Investigación CIUNT N° 26/B405: Habitabilidad, Energía y Ambiente en edificios y predios de la Universidad Nacional de Tucumán, que tiene como objetivo

principal realizar un diagnóstico sobre las condiciones ambientales de edificios pertenecientes a la UNT, así como establecer las condiciones de sustentabilidad que generan en su ambiente, a fin de realizar propuestas para la refuncionalización, remodelación y uso, que permitan la correcta adecuación de los mismos a las condiciones climáticas del sitio de implantación.

Se muestran los análisis de las condiciones ambientales y las propuestas de diseño de un aula prototípica ubicada en el edificio de la Facultad de Arquitectura y Urbanismo (FAU) y de locales de oficinas de la Facultad de Ciencias Exactas y Tecnología de la UNT (FACEyT). La elección de dichos locales respondió a que los mismos se encuentran en condiciones de habitabilidad desfavorables, las que en algunos casos conducen a que los locales cuenten con equipamientos insuficientes o ineficientes para lograr condiciones de confort y, en otros casos, a un inadecuado mantenimiento de los sistemas o al uso de los mismos, que lleva a sus ocupantes a sufrir una permanente situación de discomfort, una disminución de su productividad y un elevado consumo de energía en el acondicionamiento artificial.

La consideración en el diseño de los aspectos ambientales va a influir en estos edificios, logrando con ello su adaptación a la situación climática de San Miguel de Tucumán, con la consiguiente disminución de los requerimientos energéticos, lo que redundará en beneficio de los usuarios en particular y de la sociedad en general proporcionando una respuesta inicial a los problemas medioambientales.

METODOLOGÍA

Situación de análisis

Las oficinas analizadas se encuentran ubicadas en la planta baja del Block de la FACEyT, tienen una superficie aproximada de 70 m² y presentan una fachada hacia el Sur (Figura 1). Las ventanas son horizontales, se ubican en la parte superior del muro ocupando todo el ancho del local, la carpintería es de tipo balancín y posee parasoles móviles de lamas verticales.

El aula seleccionada para el estudio, que se encuentra ubicada en el primer piso del Block de la FAU, posee una fachada hacia el Norte (Figura 2), con una superficie aproximada de 120 m², tiene una capacidad para 100 estudiantes. Presenta todos sus ventanas hacia el Norte, con carpinterías de aluminio tipo balancín y parasoles móviles de lamas horizontales (Ledesma *et al.*, 2010).

En ambas situaciones, aulas y oficinas, los parasoles presentan un sistema complejo de apertura y cierre los cuales, por falta de mantenimiento, no pueden accionarse en su totalidad, quedando algunos fijos en posición de apertura y otros de cierre total.

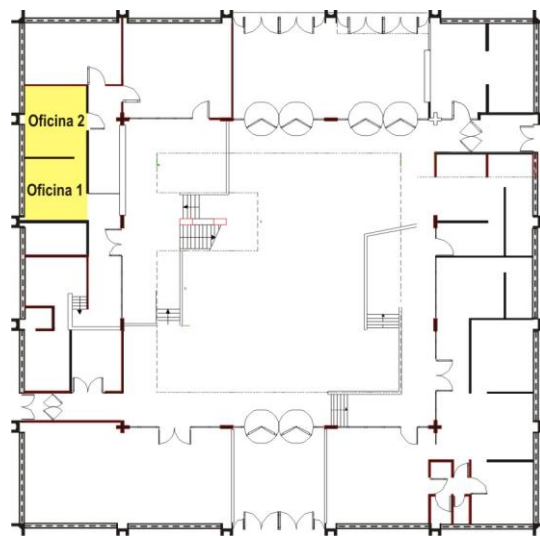


Figura 1. Planta baja del edificio de la FACEyT con las oficinas analizadas.

Figure 1. Ground floor of the building with analyzed offices of the FACEyT.

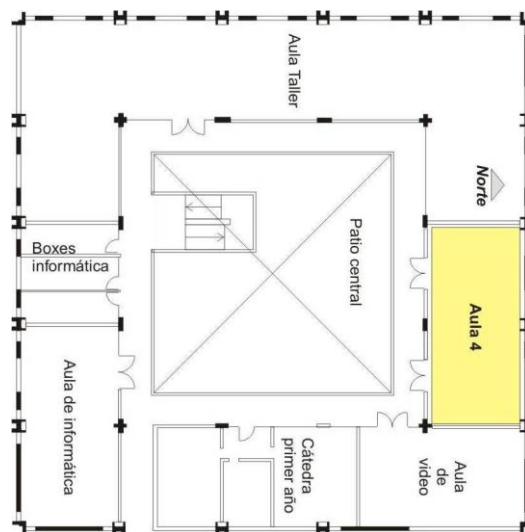


Figura 2. Primer piso del edificio de la FAU con el aula analizada.

Figure 2. First floor of the FAU with the classroom tested.

Evaluación de las condiciones ambientales

A partir de la evaluación de las condiciones ambientales que presentan las oficinas y el aula, realizada mediante el uso de instrumental específico, tal como registrador de datos HOBO Mod.H08-004, Luxómetro Tenmars DL-201, métodos gráficos y cálculos con programas computacionales (Gonzalo, 2003) y a partir de encuestas a los usuarios, se alcanzaron las siguientes conclusiones:

1. Los locales analizados presentan situación de desconfort térmico en invierno, ya que las temperaturas interiores registradas oscilan entre 12° y 14°, muy lejos de los niveles adecuados para confort térmico (Figura 3). Para el caso del aula, a pesar de tener superficies vidriadas hacia el Norte, el sistema de parasoles obstruye prácticamente el 80% de la radiación incidente en invierno, impidiendo el aporte de calor por radiación solar directa. En las oficinas el ingreso de radiación solar es nulo. Se suma a esta situación, la infiltración de aire frío a través de las carpinterías. En las encuestas realizadas el 90% de los estudiantes y del personal administrativo manifestaron sentir desconfort por frío en la mencionada estación.

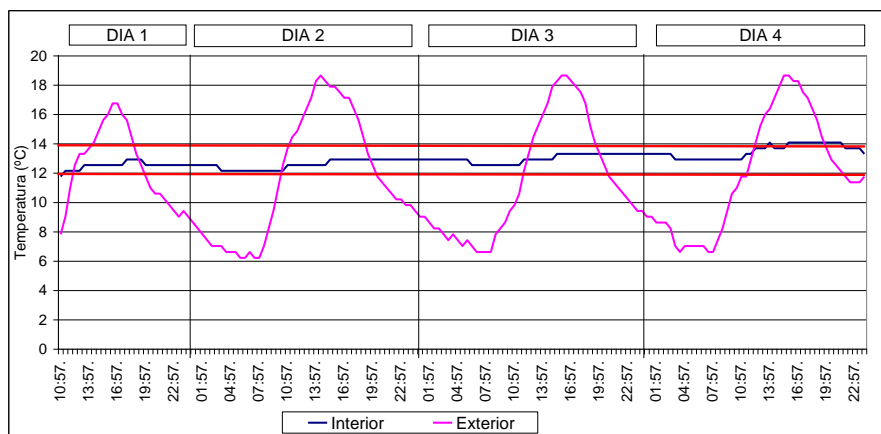


Figura 3. Ejemplo de registros de temperatura interior y exterior en invierno en el aula de la FAU.

Figure 3. Example of indoor and outdoor records of temperature in winter, in the classroom of the FAU.

2. En ambos casos, oficinas y aula, se verifica situación de desconfort térmico en verano, debido fundamentalmente a que las carpinterías no permiten el enfriamiento pasivo por ventilación natural sobre los ocupantes, principalmente en las primeras horas de la mañana y no se posibilita el enfriamiento estructural por ventilación nocturna, que sería factible de implementar dada la configuración de ambos edificios, que presentan un patio interior central cubierto pero con aberturas en la parte superior. El 50% de los encuestados manifestaron sentir desconfort por calor y el 70% no percibir corrientes refrescantes de aire. Cabe destacar el uso intensivo de equipos de acondicionamiento artificial del aire en este período.

Un ejemplo de esta situación se puede observar en los registros de temperaturas realizados en las oficinas de la FACEyT (Figura 4), ya que a pesar de que, en los días 3 y 4, se produjo un importante descenso de la temperatura exterior (aproximadamente de 15°C), éste no se manifiesta en el interior, ya que solo se observa una disminución de 2°C (Gonzalo *et al.*, 2009).

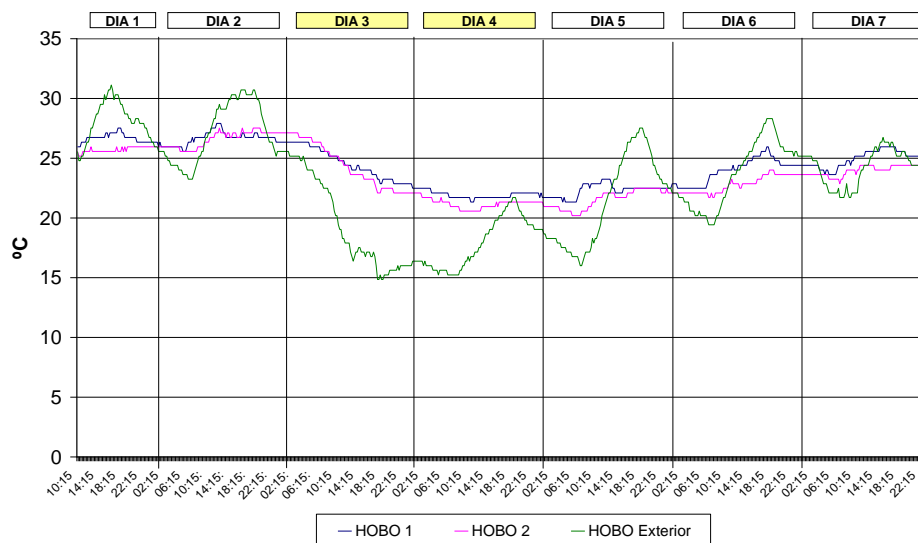


Figura 4. Ejemplo de registros de temperaturas interior y exterior en verano en las oficinas de la FACEyT.

Figure 4. Example of inside and outside temperatures records in summer, in the offices of the FACEyT.

Cabe destacar que, tanto para las oficinas como para el aula, los muros exteriores no verifican los valores máximos de transmisión térmica admisible según Normas IRAM

(IRAM, 1996) para nivel C de confort higrotérmico (Tabla 1). Los cálculos se realizaron teniendo en cuenta solo el sector de mampostería y considerando los sectores de hormigón y vidrio (transmitancia térmica media ponderada – K_{mp})

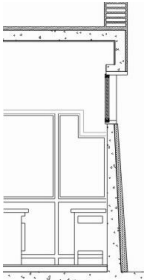
Croquis	Descripción	Transmitancia térmica	Verif. K mínimo (Nivel C)		
			Verano 1.80	Invierno 1.85	Ver.color 2.16
	- Muro de ladrillo común 0.20 m (espesor promedio)	K 2.87	NO	NO	NO
	- Revoque exterior				
	- Revoque interior				
	- Muro de ladrillo c/revoque				
	- Vidrio común s/protección ($K=5.8 \text{ W/m}^2\text{°C}$)	K_{mp} 3.18	NO	NO	NO
	- Vigas y columnas de H°A°				

Tabla 1. Ejemplo de verificación de los valores de transmisión térmica para el muro exterior de las oficinas.

Table 1. Example of verification of the thermal transmittance values for the outer wall of the offices.

2. Se verifica, en locales analizados, condiciones de iluminación natural insuficientes. En ningún punto de las oficinas y del aula se verificaron los valores mínimos de Coeficiente de Iluminación Diurna (CLD) del 2% recomendado por las Normas IRAM (IRAM, 1976) para tales funciones, presentando las oficinas un mínimo de 0.3% y un máximo de 1.1% sobre los planos de trabajo y el aula un promedio de 0.5% y un máximo de 1.7%, a 1 m de la ventana de mayores dimensiones (Figura 5). Esta situación produce un uso permanente de la iluminación artificial con los consiguientes gastos energéticos.

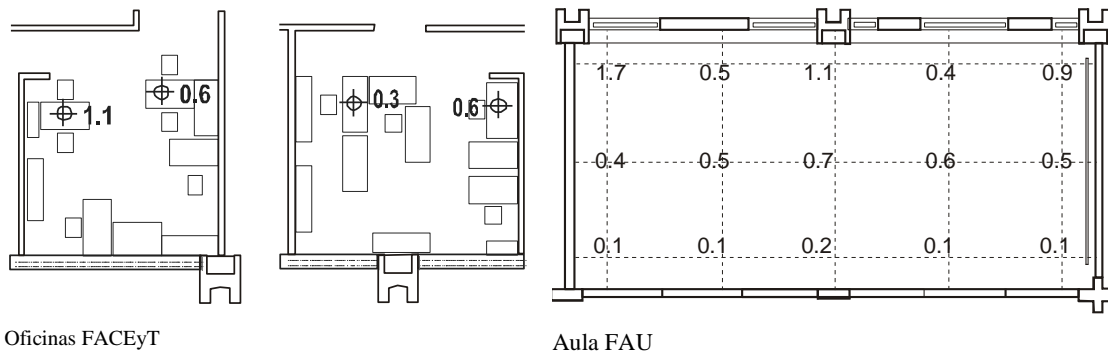


Figura 5. Valores calculados de CLD a partir de mediciones in situ para los locales de oficinas y aula analizados.

Figure 5. CLD values calculated from measurements in situ for office and classroom tested.

En el aula se produce, además, disconfort visual por deslumbramiento debido a la presencia de radiación solar directa sobre los planos de trabajo. Si bien las ventanas cuentan con parasoles horizontales móviles, éstos no posibilitan la obstrucción de la radiación solar durante todo el año, permitiendo su ingreso en invierno. Las condiciones lumínicas interiores se ven afectadas también por la falta de mantenimiento de los parasoles y de control por parte de los usuarios, lo que provoca que algunos de ellos, permanezcan cerrados o abiertos en forma permanente.

Propuestas de mejoramiento térmico de las superficies opacas

A partir de los resultados alcanzados se propuso aumentar la resistencia térmica de los muros exteriores a partir de incorporar una cámara de aire con cerramiento de panel de yeso en algunos sectores del muro y en otros gabinetes para guardado de material de trabajo (Figura 6).

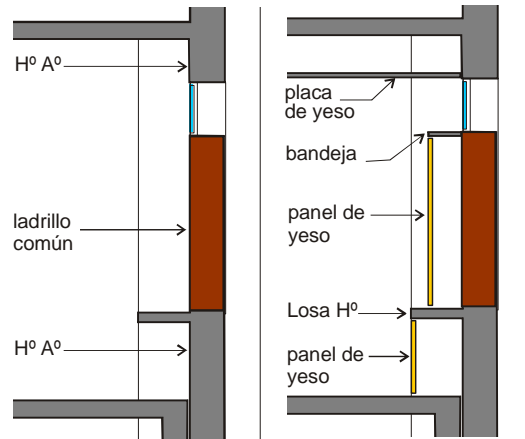


Figura 6. Situación actual y propuesta de mejoramiento térmico del muro exterior.

Figure 6. Current situation and proposals for thermal improvement of the exterior wall.

En la Tabla 2 puede observarse que la propuesta mejora considerablemente el comportamiento térmico del muro, verificándose los valores de Normas (IRAM, 1996), tanto considerando solo el sector de mampostería, como el valor medio ponderado (KMP) considerando los sectores de hormigón.

Descripción	Transmitancia térmica W/m ² C	Verif. K max.adm. (Nivel C)		
		Verano	Invierno	Ver.color
		1.80	1.85	2.16
Situación actual	Muro ladrillo común K 1.9	NO	NO	SI
	Muro ladrillo - columnas - vigas KMP 2.21	NO	NO	NO
Situación propuesta	Muro ladrillo común K 1.36	SI	SI	SI
	Muro ladrillo - columnas - vigas KMP 1.63	SI	SI	SI

Tabla 2. Valores de transmitancia térmica (K y Kmp) determinados por cálculo para la situación actual y propuesta para los muros exteriores.

Table 2. Thermal transmittance values (K y Kmp) calculated for the current situation and the proposal for the exterior walls.

Propuesta para el mejoramiento lumínico interior

Con el objetivo de incrementar los niveles de iluminación natural interior, evitar el deslumbramiento por el ingreso de la radiación solar directa sobre los planos de trabajo, mejorar la uniformidad y evitar los excesivos contrastes entre sectores, se propone incrementar la superficie vidriada de las ventanas ubicadas en la parte superior, incorporar estantes de luz interiores y un cielorraso (plancha de yeso) de color blanco y reducir la cantidad de lamas de las protecciones solares, tanto las verticales al sur (oficinas) como las horizontales al norte (aula), a fin de evitar la obstrucción de la luz natural exterior (Figuras 7 y 8).

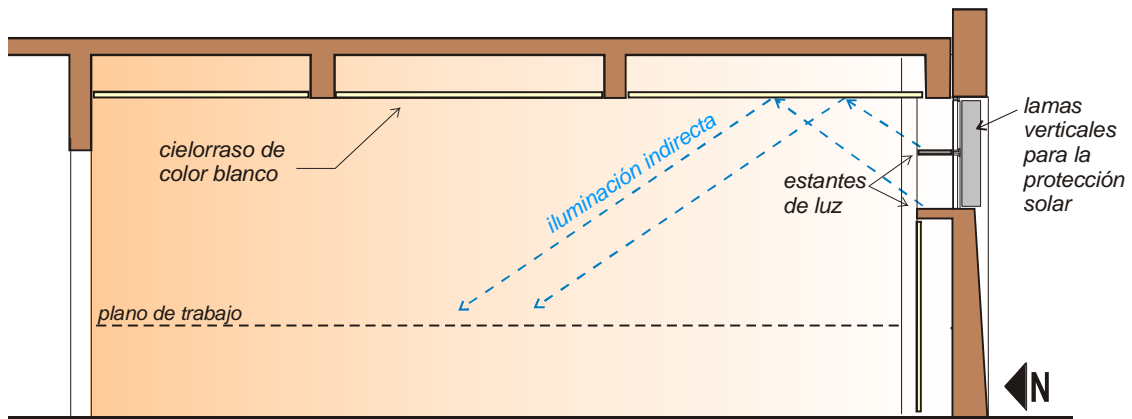


Figura 7. Propuesta de aventanamiento para el frente Sur (oficinas FACEyT).

Figure 7. Proposed design of windows to the southern front (offices at FACEyT).

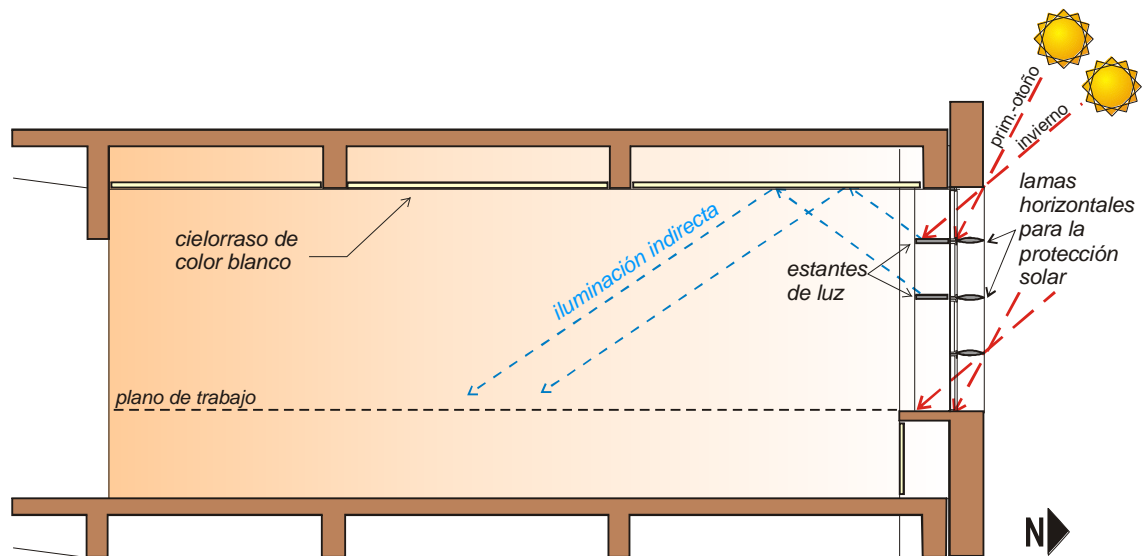


Figura 8. Propuesta de aventanamiento para el frente Norte (aula FAU).

Figure 8. Proposed design of windows for the northern front (classroom at FAU).

Los niveles de iluminación natural interior con el sistema de ventanas propuesto, se determinaron a partir de mediciones con luxómetro Tenmars DL-201 en maquetas a escala en cielo celeste artificial (Figura 9). Los registros se realizaron en 15 puntos, partiendo a un metro de distancia de las paredes laterales y a 0.80 m. sobre el nivel del piso, altura representativa del plano de trabajo. Los resultados de la situación propuesta para el caso del aula, se observan en la Figura 10.



Figura 9. Vista exterior e interior del modelo a escala del aula de la FAU.

Figure 9. Exterior and interior views of the classroom at FAU on the scale model.

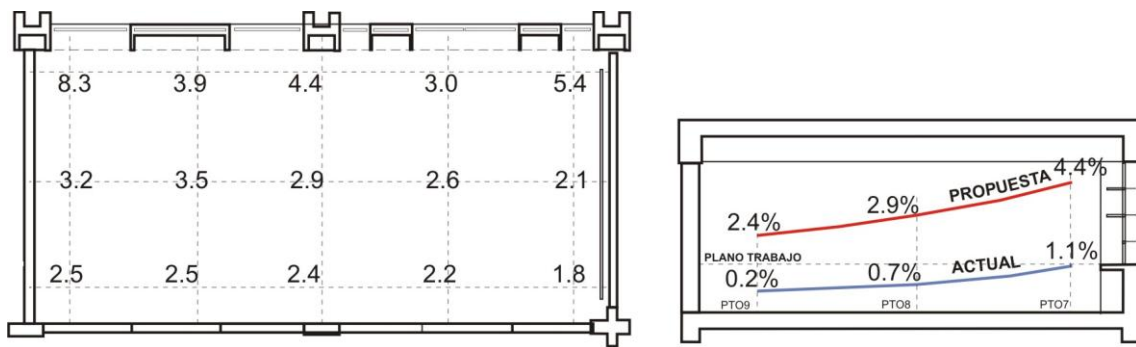


Figura 10. Valores de CLD calculados a partir de las mediciones en maqueta para el aula de la FAU.

Figure 10. CLD values calculated from measurements on the scale model for classroom at FAU .

Propuesta para el mejoramiento de las condiciones de ventilación interior

Al evaluar las condiciones de ventilación de los locales de estudio, se observa que tanto las oficinas como el aula, presentan aberturas en sus caras opuestas, con ventanas superiores corridas en el cerramiento exterior y aberturas superiores tipo banderolas en el cerramiento que separa el interior del patio central en cuádruple altura, el cual posee aberturas y extractores en su parte superior (Figura 11). Esta situación posibilita la ventilación cruzada y la ventilación por efecto térmico (efecto chimenea) en verano. Para ello, se propone modificar el sistema de apertura de las banderolas para que el flujo de aire incida sobre los ocupantes, sean de fácil accionamiento por parte de los usuarios y puedan dejarse abiertas en las horas nocturnas para el enfriamiento estructural (Figuras 12 y 13).

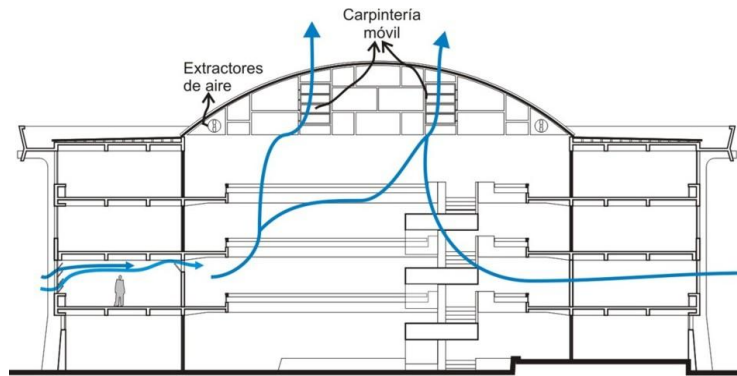


Figura 11. Ventilación por efecto térmico producida por el patio central en cuádruple altura.

Figure 11. Ventilation by thermal effect produced by the four-story central courtyard.

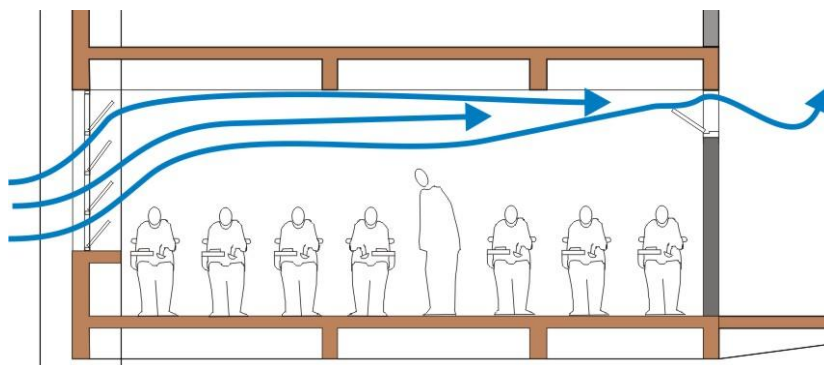


Figura 12. Flujo de aire en interior por efecto de la carpintería existente.

Figure 12. Indoor air flow produced by the existing carpentry.

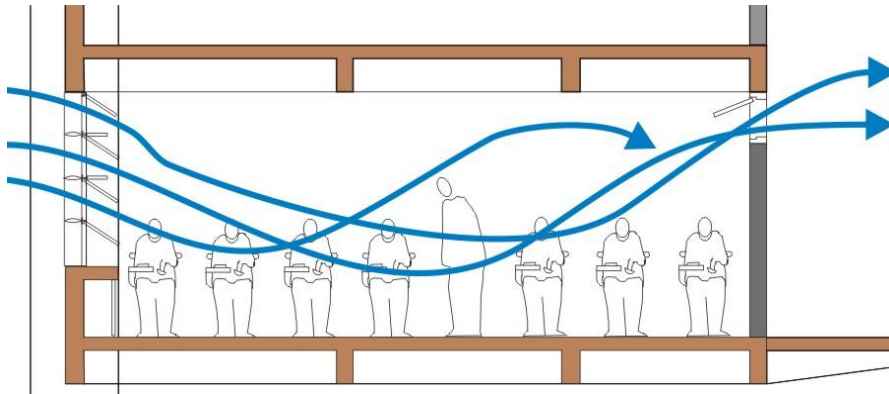


Figura 13. Propuesta de carpinterías y efecto en el flujo de aire interior.

Figure 13. Proposal of carpentry and its effect on the internal air flow

A fin de reforzar la renovación del aire interior, se propone la ubicación extractores sobre el cerramiento que separa el interior del patio central, ya que éste espacio registra una temperatura del aire significativamente menor en comparación a la de los locales analizados. Se propone disponer 4 extractores de bajo consumo y de un caudal mínimo de 84 m³/h cada uno, a fin de renovar el volumen completo del local en 1 hora, y con un nivel de ruido no mayor a 40 dB, nivel máximo admisible de ruido de fondo para locales de trabajo.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El estudio descrito, que abarcó las instancias de diagnóstico de las condiciones de ambientales de las oficinas y el aula analizada y que incluyó un completo estudio sobre el comportamiento térmico, de asoleamiento, lumínico y de ventilación, permitió arribar a una propuesta de diseño para los cerramientos exteriores con la que se logra el cumplimiento de los valores máximos admisibles de transmitancia térmica establecidos por las Normas y que es factible de incorporar en otros locales de funciones similares dentro de la tipología edilicia de block, la cual se repite en forma similar para las distintas facultades ubicadas en el predio de Localizaciones Universitarias de la UNT.

El estudio pormenorizado del comportamiento lumínico y de asoleamiento del sistema de ventanas propuesto, permitió verificar que es posible el planteo de soluciones de diseño que permitan superar los valores mínimos de CLD establecidos por Normas a fin de lograr el confort visual de los ocupantes y una reducción en el consumo de energía eléctrica en iluminación artificial.

Las propuestas de mejoramiento de las condiciones de ventilación natural de los locales analizados demostraron que es posible utilizar la ventilación natural como recurso para contribuir al confort térmico de los usuarios, favoreciendo la incidencia del viento sobre las personas y propiciando el refrescamiento pasivo de la estructura edilicia en las horas nocturnas.

CONCLUSIONES

Este estudio demostró que es posible el planteo de soluciones de diseño que respondan a las condicionantes lumínicas, térmicas, de ventilación y de asoleamiento que presenta nuestra situación climática, contribuyendo a mejorar la calidad de vida de docentes, alumnos y personal administrativo en el interior de los edificios universitarios y a disminuir el uso de energías no renovables, aspecto fundamental a tener en cuenta al considerar la crisis energética actual y el posible agotamiento de los recursos naturales. Se lograría, además, un mejor rendimiento académico y del personal administrativo, ya que son de importancia fundamental para lograr esto, las condiciones de confort humano de estos locales.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Gonzalo GE. 2003. *Manual de Arquitectura Bioclimática*. 2da. Edición, Buenos Aires

- Gonzalo GE, Nota VM, Ledesma SL & Llabra C. 2009. Estudios ambientales en locales administrativos de la Universidad Nacional de Tucumán. *Revista Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente*, 13 (ISSN 0329-5184)
- IRAM. 1996. Normas IRAM 11601/99. *Acondicionamiento térmico de edificios. Métodos de cálculo*. Instituto Argentino de Normalización y Certificación. Disponible en: www.iram.org.ar
- IRAM. 1976. *Normas IRAM AADL J20-02. Iluminación Natural en Escuelas. Características*. Instituto Argentino de Normalización y Certificación. Disponible en: www.aadl.org.ar
- Ledesma SL, Nota VM, Cisterna MS, Martínez CF, Márquez Vega SG, Quiñones GI, Llabra C & Gonzalo GE. 2010. Propuesta de diseño bioclimático para el mejoramiento termo-lumínico de aula de la Universidad Nacional de Tucumán. *Revista Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente*, 14 (ISSN 0329-5184)