

## **EVALUACIÓN DE LA ILUMINACIÓN NATURAL Y DE LAS PROTECCIONES SOLARES EN EDIFICIOS DE OFICINAS DE LA CIUDAD DE S. M. DE TUCUMÁN**

**V.M. Nota<sup>1</sup>, G. E. Gonzalo<sup>2</sup>, S.L. Ledesma<sup>3</sup>**

Instituto de Acondicionamiento Ambiental - Facultad de Arquitectura y Urbanismo  
Universidad Nacional de Tucumán - Av. Roca 1900 - 4000 Tucumán - Argentina  
Tel.+ .54.381.4364093 - Fax+ .54.381.4364141 - Email: ggonzalo@herrera.unt.edu.ar

**RESUMEN:** El trabajo muestra los resultados del estudio de la eficiencia de las protecciones solares y del comportamiento lumínico de aventanamientos en edificios de oficinas construidos en San Miguel de Tucumán. Se realizaron simulaciones con programas computacionales en 16 edificios. Así también se llevó a cabo la evaluación de las protecciones solares en 13 edificios, con el objeto de determinar la eficiencia de los mismos y su adecuación climática para localidad en estudio.

Los resultados muestran que en la mayor parte de los locales de oficinas no se cumple con los valores mínimos de iluminación natural sobre el plano de trabajo requeridos para la tarea visual y que las protecciones solares no se comportan adecuadamente, produciendo deslumbramiento y un excesivo aporte de calor al ambiente, generando condiciones de incomfort y un incremento en los costos para el acondicionamiento artificial. Es así que el 61% de los edificios relevados no cuentan con protecciones solares en las ventanas y el tratamiento de sus frentes no difiere según sea la orientación de los mismos, con una elevada proporción de superficies vidriadas. Por otra parte, el 75% de los locales no cumplen con los valores de iluminación natural mínimos de normas, en el punto medio del local y el 94% en el punto más desfavorable.

**Palabras clave:** Arquitectura, energía, arquitectura bioclimática, iluminación natural, asoleamiento.

### **INTRODUCCION**

El correcto diseño de la envolvente del edificio debe contemplar, entre otros requerimientos, la necesidad de brindar en los locales del mismo, niveles de iluminación natural adecuada tanto en cantidad como calidad, de manera tal de asegurar el normal desarrollo de las actividades en ellos previstas, minimizando el uso de la iluminación artificial y por lo tanto el consumo energético (Gonzalo et al., 2001).

Para el caso de edificios de oficinas, las actividades que en ellos se desarrollan requieren de una adecuada iluminación, lo que significa niveles aceptables de iluminación natural y obstrucción de la radiación solar directa sobre los planos de trabajo. El diseño que no contemple estas necesidades básicas conducirá al usuario al empleo de la iluminación artificial, con el consiguiente gasto energético. Se estima que la mitad de la energía que se consume en los edificios no residenciales se destina a dicho uso (Backer et al., 1993). Asimismo cabe destacar que gran parte del aporte de calor se produce desde las luminarias generando un incremento en las cargas de enfriamiento para el acondicionamiento artificial en verano. Por otra parte, los edificios de oficinas se resuelven generalmente en varios niveles y con grandes superficies vidriadas (Nota, Gonzalo, 2001), las que en su mayoría no cuentan con elementos para la protección solar. Este hecho genera un excesivo asoleamiento produciendo sobrecalentamiento en el interior y en consecuencia, situaciones de incomfort en sus ocupantes.

A través del estudio de casos, en el presente trabajo se intenta identificar los problemas para la adecuación climática desde el punto de vista de la iluminación natural y el asoleamiento que presentan los edificios de oficinas construidos en la ciudad de S. M. de Tucumán. Se pretende que estos estudios permitan establecer pautas y estrategias que posibiliten el diseño de edificios sustentables, adaptados a las condiciones climáticas del lugar, que permitan mejorar la calidad de vida de los usuarios y disminuir los consumos de energías convencionales.

### **METODOLOGIA**

#### **Análisis de asoleamiento:**

A partir de la selección de los edificios más representativos se realizó el análisis y determinación del cumplimiento de la estrategia de minimizar las ganancias de calor a través de las superficies vidriadas, condicionante básica de diseño para San Miguel de Tucumán, ciudad que se encuentra ubicada en la zona bioclimática IIB, definida en las Normas IRAM como una zona cálida (IRAM, 1996).

---

<sup>1</sup> Investigadora del proyecto CIUNT 26/B106.

<sup>2</sup> Director de programa CIUNT y del Instituto de Acondicionamiento Ambiental, FAU-UNT.

<sup>3</sup> Profesora y Directora de proyecto CIUNT.

A partir del relevamiento fotográfico y de la planimetría de los edificios se pudieron observar los siguientes aspectos:

1. Todos los edificios presentan una gran superficie de vidrio, la cual varía entre el 50% y el 90% del total de la superficie de fachada.



Figura 1: Edificio con mayor superficie vidriada (aproximadamente 90% de la fachada)



Figura 2: Edificio con menor superficie vidriada (aproximadamente 50% de la fachada)

2. En el 61% de los de los edificios relevados no se han previsto elementos de protección de la radiación solar. Solamente el 39% de los edificios de oficinas presenta algún tipo de protección solar.

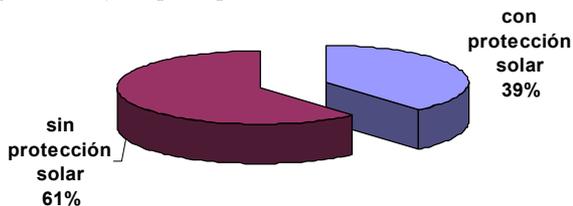


Figura 3: Edificios que se encuentran provistos de elementos para la protección solar

3. El 73% de los edificios relevados se ubican en lotes angostos entre medianeras. Aproximadamente el 70 % de los mismos orientan sus frentes hacia el Norte y Sur y el 30% restante hacia el Este y Oeste.

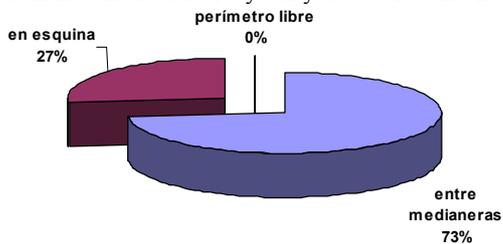


Figura 4: Tipo de edificación

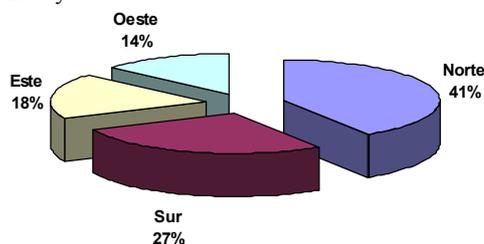


Figura 5: Orientación de los frentes de los edificios

El tratamiento de los frentes no difiere según la orientación, utilizándose en todos los casos amplias superficies de vidrio, situación que se observa también en los edificios en esquina como se puede ver en las figuras 6, 7, 8 y 9.



Figura 6: Edificio frente Norte



Figura 7: Edificio frente Sur



Figura 8: Edificio frente Este



Figura 9: Edificio frentes Norte y Oeste

4. En los edificios que no poseen protecciones solares se observa la incorporación, por parte de los usuarios, de otros elementos de obstrucción tales como cortinas, vidrios espejados, etc., lo que evidencia el desconfort que produce el ingreso de la radiación solar.

Se pudo observar, en los edificios que poseen parasoles, distintos tipos de resoluciones constructivas tales como: parasoles fijos, parasoles móviles, persianas móviles y pantallas fijas. Para evaluar el comportamiento de dichas protecciones solares, se aplicó la metodología de los diagramas de visión de bóveda y de trayectoria solar en proyección cilíndrica desarrollada, para lo cual se dispuso de la planimetría obtenida de los archivos de la Municipalidad de esta localidad.

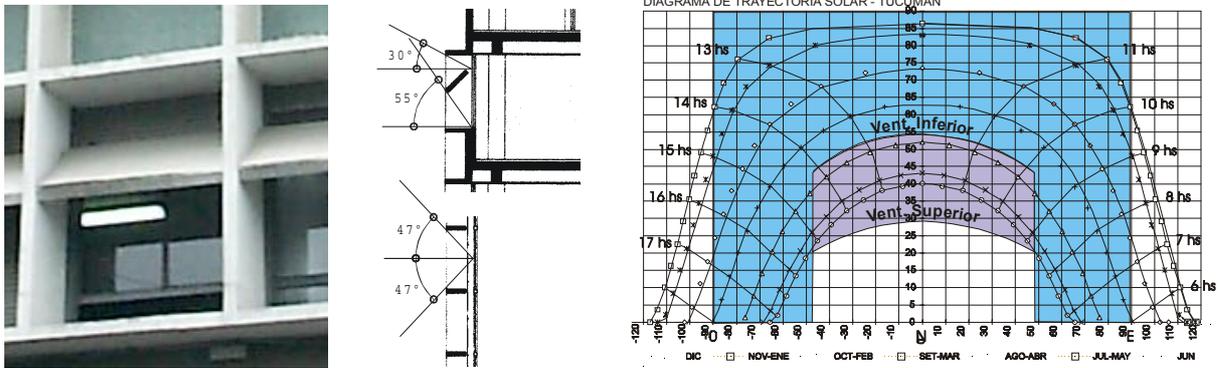


Figura 10: Ejemplo de determinación de la obstrucción de la radiación solar de los parasoles de un edificio de oficinas

Del análisis realizado se pudo observar que la mayor eficiencia de los parasoles se verifica en las orientaciones Norte y Sur con un promedio de obstrucción en invierno del 42% (Norte) y en verano del 75% para la Norte y del 80% para la Sur. La menor eficiencia se verifica en la orientación Oeste con un promedio de obstrucción en invierno del 55% y en verano del 42%. En ambas estaciones se puede observar una baja eficiencia de las obstrucciones solares ya que, para el período de invierno, en donde es deseable el ingreso de la radiación solar, el valor promedio de obstrucción es de un 50% y para la situación de verano, en donde es aconsejable impedir el ingreso de sol, el valor promedio de obstrucción es de un 65%.

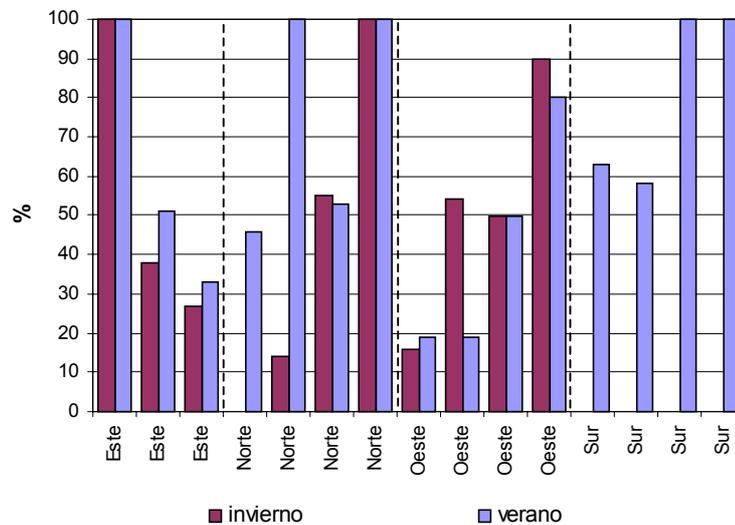
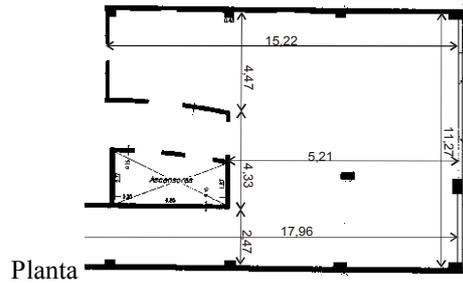


Tabla 1: Porcentaje de obstrucción de los parasoles en diferentes orientaciones según la estación del año

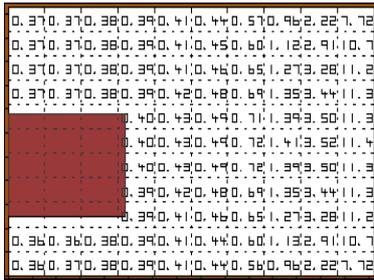
**Análisis de la iluminación natural**

Para determinar el nivel de iluminación interior se utilizó el programa Daylight (Anglia Polytechnic, 1991), verificándose los niveles de CLD en locales de 16 edificios seleccionados. Se ubicaron 2 puntos de análisis en el interior: uno en el punto medio y otro en el punto más desfavorable (a 1 m de la pared lateral y 1 m de la pared más alejada de la ventana). A efectos del cálculo se adoptó una situación intermedia correspondiente al 4º piso, ya que el número promedio de pisos en estos edificios es de 8.

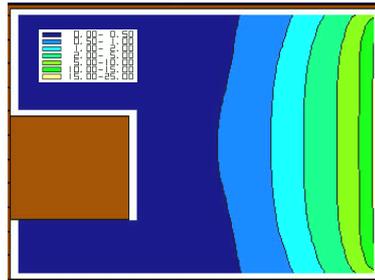
Los resultados obtenidos se compararon con los valores mínimos establecidos en las Normas IRAM para la función específica de oficinas, la cual determina un CLD mínimo de 2% en el punto más alejado de la ventana (IRAM, 1972).



Consideraciones para el cálculo	
$\tau = 0,56$ (azul 6 mm.)	
$K1 = 18,5/19,6 = 0,94$	
$K2 = 0,9$ (estado limp.buena)	
Altura obst.: 10 m	
Distancia de la obst: 15 m	
Observ.: ventana a la calle	



Niveles de CLD



Distribución de la iluminación

Resultados obtenidos	
CLD Mínimo	<b>0,36</b>
CLD Máximo	<b>15,4</b>
CLD Promedio	<b>2,03</b>
Uniformidad	<b>0,18</b>
CLD Punto medio	<b>0,72</b>
CLD Punto más desfavorable	<b>0,37</b>

Figura 11: Ejemplo de los resultados alcanzados en uno de los edificios analizados

Del análisis de los resultados se pudo observar que el 75% de los locales analizados no cumplen con los valores de normas en el punto medio del local y el 94% no lo cumple en el punto más desfavorable. Asimismo los niveles de uniformidad son muy bajos, con un valor que no supera los 0,35 en la mayor parte de los locales analizados.

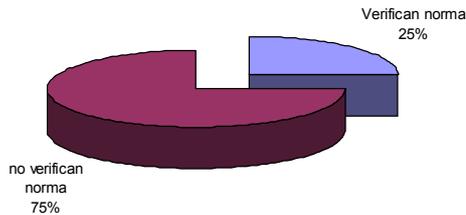


Figura 12: Verificación de Normas en el punto medio

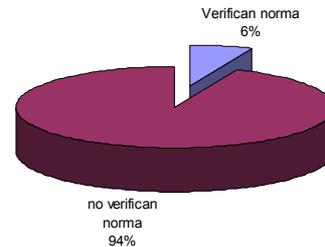


Figura 13: Verificación de norma en el punto más desfavorable

Los bajos niveles de uniformidad indican la presencia de diferencias importantes en los niveles de iluminación natural en el interior y en consecuencia un elevado contraste, lo que dificulta el correcto desarrollo de la tarea visual. Esta situación se debe principalmente al tipo de iluminación que presentan los locales de oficinas, los que en su mayoría (el 69%) presentan iluminación unilateral.

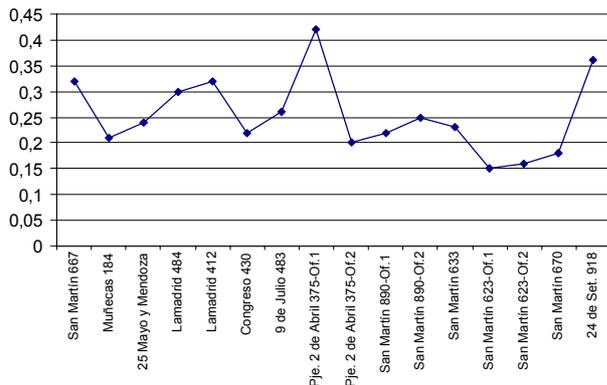


Figura 14: Valores de uniformidad en los edificios analizados

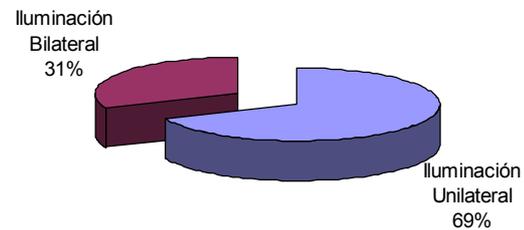


Figura 15: Tipo de iluminación en locales de oficinas

Otro aspecto que influye en los bajos niveles de iluminación natural interior es el sitio de implantación de estos edificios, ya que la mayoría se encuentran ubicados principalmente en la zona céntrica de la ciudad, en donde existe una gran densidad y altura de edificación y las calles son estrechas.

Este hecho determina que la visión de bóveda celeste desde las ventanas de las oficinas se encuentre reducida por estos elementos exteriores de gran altura y a poca distancia, lo que produce en consecuencia, una disminución en los niveles de iluminación interior, generando situaciones, como la de los primeros pisos, en donde el aporte de luz natural proviene únicamente por reflexión de los elementos externos. Un ejemplo de esta situación puede observarse en la figura 16.



Figura 16: Vista interna desde las ventanas de una oficina ubicada en el 4º piso

Con el objetivo de determinar la influencia de las obstrucciones externas en el nivel de iluminación natural interior se determinaron en un local de oficina tipo los valores de CLD con el programa Daylight con distintas situaciones de obstrucción externa. Para el cálculo se adoptaron dos puntos de análisis: uno a 2 m de la ventana y otro a 6 m de la misma.

A partir del análisis se observaron las siguientes situaciones:

- en el punto de análisis próximo a la ventana los valores de CLD en el piso más alto son un 85% superiores a los de planta baja.
- en el punto de análisis más alejado de la ventana los valores de CLD en el piso más alto son un 31% superiores a los de planta baja.
- la diferencia de los niveles de iluminación entre el punto más alejado y el más próximo a la ventana es mayor a medida que disminuye la influencia de la obstrucción exterior.

Es decir que las obstrucciones exteriores, si bien disminuyen considerablemente los niveles de iluminación en el interior, esta influencia es mayor en los sectores más próximos a la ventana, siendo menos significativa en los puntos más alejados de la misma.

Nivel	Altura obstrucción (m)	CLD (%)	
		Punto 1	Punto 2
Planta baja	30	3,16	1,18
1º piso	27	3,36	1,19
2º piso	24	4,00	1,19
3º piso	21	4,60	1,20
4º piso	18	5,10	1,20
5º piso	15	5,50	1,21
6º piso	12	5,74	1,21
7º piso	9	5,83	1,38
8º piso	6	5,84	1,51
9º piso	3	5,85	1,55

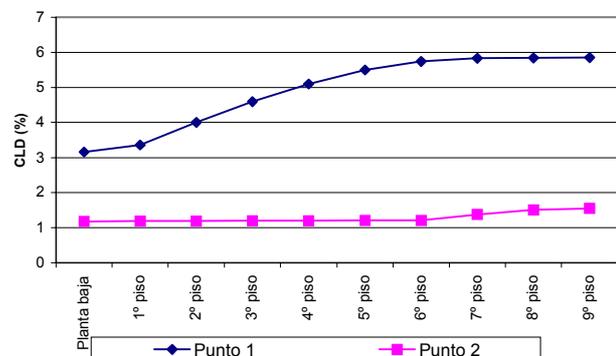


Figura 17: Variación de los niveles de CLD en el interior en función de la altura de obstrucción

## CONCLUSIONES:

A partir del análisis de asoleamiento se pudo verificar que la mayoría de los edificios de oficinas no presentan elementos para la obstrucción de la radiación solar directa y en los que poseen protecciones, éstas resultan en su mayor parte ineficientes para el control solar.

Desde el punto de vista lumínico, se determinó que los niveles de CLD resultan muy inferiores a los establecidos por la normativa existente a tal efecto, por lo que se debe recurrir al uso permanente de la iluminación artificial. Asimismo se detectaron bajos niveles de uniformidad con el consecuente problema de contraste y deslumbramiento.

De este estudio pueden obtenerse algunas conclusiones generales que pueden ser de utilidad para el diseño de edificios de oficinas.

- Es necesario incorporar elementos de protección solar en los aventanamientos de manera tal de evitar el excesivo asoleamiento y mejorar las condiciones de iluminación natural interior. Se puede optar dentro de una gran gama de soluciones tales como aleros, pantallas, fijas o móviles entre otros.

- Es conveniente evitar ubicar el edificio hacia orientaciones en las cuales se dificulta el control de la radiación solar directa, como son la Este y Oeste.
- Se recomienda el planteo de bandejas de luz, las cuales a la vez de obstruir la radiación solar directa colaboran en la distribución por reflexión de la luz hacia los sectores más alejados de la ventana. (Gonzalo et al., 2001).
- Es conveniente plantear en las oficinas la iluminación bilateral, principalmente en locales profundos ya que dicho aventanamiento mejora la distribución de luz en el interior.
- Es necesario tener en cuenta el diseño asociado de la iluminación natural y artificial para reducir los consumos de energía convencional.

#### **REFERENCIAS:**

- Gonzalo G. , Ledesma S.L., Nota V., Márquez G. (2001). Evaluación comparativa del comportamiento lumínico y térmico de diferentes soluciones de aventanamientos para escuelas y oficinas de la provincia de Tucumán. Revista de la Asociación Argentina de Energías Renovables y Medio Ambiente, Volumen: 5, páginas 05.13-05.18.
- Backer N., Fanchiotti A., Steemers K. (1993). Daylighting in Architecture. James & James.
- Nota V., Gonzalo G. (2001). Relevamiento fotográfico y planimétrico de los edificios de oficinas en la ciudad de San Miguel de Tucumán, Instituto de Acondicionamiento Ambiental, FAU, UNT. (inédito)
- IRAM. Instituto Argentino de Racionalización de Materiales. (1996). Norma 11603.
- Anglia Polytechnic. (1991). Daylight 4.1.
- IRAM. Instituto Argentino de Racionalización de Materiales. (1966). Norma AADL J20-02. Iluminación natural en edificios. Condiciones generales y requisitos especiales.
- IRAM. Instituto Argentino de Racionalización de Materiales. (1970). Norma AADL J20-03. Iluminación natural de edificios. Métodos de determinación.
- Gonzalo, G. (1998). Manual de Arquitectura Bioclimática. Ed. Arte-Color, Tucumán.

**ABSTRACT:** The work shows the results of the study of the efficiency of the solar protection and of the light behavior of windows in office buildings of San Miguel of Tucumán. In order to determining the light behavior of the windows, they were carried out simulations with software in 16 buildings. Likewise it was carried out the evaluation of the solar protection in 13 buildings, in order to determining the efficiency of them and their climatic adaptation for the town in study.

The results show that in most of the offices it is not fulfilled the minimum values of natural illumination on the working plane, required for the visual tasks, and that the solar protection don't behave appropriately, producing dazzle and an excessive contribution of heat to the interior, generating conditions of lack of comfort and an increment in the energy costs.

**Keywords:** Architecture, energy, bioclimatic architecture, daylighting, solar protection.