



Docencia
Investigación
Extensión
Gestión

**Comunicaciones
Científicas y Tecnológicas
Anuales
2013**



DIRECCIÓN GENERAL:

Decano Facultad de Arquitectura y Urbanismo

DIRECCIÓN EJECUTIVA:

Secretarías de Investigación, de Extensión y de Desarrollo Académico

COMITÉ ORGANIZADOR:

Herminia ALÍAS

Andrea BENITEZ

Anna LANCELLE

Venetia ROMAGNOLI

COORDINACIÓN EDITORIAL Y COMPILACIÓN:

Secretaría de Investigación

COMISIÓN EVALUADORA:

Jorge ALBERTO / María Teresa ALCALÁ / Abel AMBROSETTI / Julio ARROYO / Teresa Laura ARTIEDA / Mario E. de BÓRTOLI / Walter Fernando BRITES / René CANESE / Susana COLAZO / Nilda CORRAL de ZURITA / Rubén Osvaldo CHIAPPERO / Claudia FINKELSTEIN / María del Socorro FOIO / Pablo FUSCO / Graciela Cecilia GAYETZKY de KUNA / Claudia Fernanda GÓMEZ LÓPEZ / Delia KLEES / Amalia LUCCA / Elena Silvia MAIDANA / Aníbal Marcelo MIGNONE / Daniela MORENO / Bruno NATALINI / Patricia NÚÑEZ / Mariana OJEDA / María Mercedes ORAISON / Silvia ORMAECHEA / María Isabel ORTIZ / Jorge PINO / Nidia PIÑEYRO / Ana Rosa PRATESI / Liliana RAMIREZ / Lorena SANCHEZ / María del Mar SOLIS CARNICER / Luis VERA.

DISEÑO GRÁFICO:

Lorena BAUDRY

CORRECCIÓN DE TEXTO:

Cecilia VALENZUELA

COLABORADORAS:

Lucrecia SELUY; Evelyn ABILDGAARD

EDICIÓN

© Facultad de Arquitectura y Urbanismo
Universidad Nacional del Nordeste
(H3500CO) Av. Las Heras 727 | Resistencia | Chaco | Argentina
Web site: <http://arq.unne.edu.ar>

ISSN 1666-4035

Reservados todos los derechos. Impreso en Vía Net, Resistencia, Chaco, Argentina. Agosto de 2014.

La información contenida en este volumen es absoluta responsabilidad de cada uno de los autores.
Quedan autorizadas las citas y la reproducción de la información contenida en el presente volumen con el expreso requerimiento de la mención de la fuente.

02.

ANÁLISIS Y DIAGNÓSTICO DE LAS CONDICIONES DE ILUMINACIÓN NATURAL Y ARTIFICIAL EN EL EDIFICIO DE LA FACULTAD DE ARQUITECTURA DE LA UNNE

Autores: Venettia Pividori¹, Herminia M. Alías², Guillermo J. Jacobo³
vene_pv@hotmail.com; heralias@arq.unne.edu.ar; gjjacobo@arq.unne.edu.ar

¹Becaria de Investigación de Pregrado (SGCyT, UNNE). ²Directora de Beca de Investigación. Profesora adjunta, cátedra Estructuras II, FAU, UNNE. ³Director del proyecto de investigación SGCyT, UNNE

RESUMEN

Se comenta un trabajo de investigación de pregrado, cuyo objetivo fue realizar un diagnóstico de las condiciones de iluminación de algunos locales de la Facultad de Arquitectura, a través de un monitoreo experimental. Las mediciones realizadas evidenciaron una deficiencia en los niveles de iluminación de los locales monitoreados. Se destaca el aporte experimental del citado trabajo, incluido dentro del proyecto de investigación titulado Evaluación térmico-energética de las sedes edilicias de las Facultades de Arquitectura y Urbanismo, y de la de Ingeniería de la UNNE, Campus-UNNE / Resistencia, Chaco (Director: Arq. G. JACOBO).

PALABRAS CLAVE: confort lumínico, monitoreo, FAU, UNNE.

INTRODUCCIÓN

El bienestar del ser humano y el logro del confort ambiental son el fin primordial de todo espacio construido. El confort ambiental, como un indicador de la Arquitectura Sustentable, es posible solo a partir de la consideración, análisis y regulación (a través del diseño del objeto arquitectónico) de los múltiples parámetros y factores del confort térmico, el lumínico y el acústico, considerados en forma simultánea.

En este trabajo se enfoca el tema en la cuestión del confort lumínico y sus implicancias energéticas, con el objetivo de elaborar un diagnóstico de las condiciones de iluminación interior, natural y artificial, en el edificio de la Facultad de Arquitectura de la UNNE, evaluando su adecuación a la normativa vigente, para detectar posibles factores que repercutan en un uso excesivo de energía eléctrica (para la iluminación artificial del edificio) y en la calidad de vida que brindan los espacios.

El citado trabajo se enmarca en el proyecto de investigación titulado *Evaluación térmico-energética de las sedes edilicias de las Facultades de Arquitectura y Urbanismo, y de la de Ingeniería de la UNNE (Campus-UNNE, Resistencia, Chaco)*. Dicho proyecto, que se lleva adelante en la cátedra Estructuras II, FAU, UNNE, en conjunto con el Departamento de Termodinámica de la FI, UNNE, está orientado a la evaluación térmica y energética de los edificios mencionados y a la propuesta de medidas de adecuación, desde el diseño tecnológico, tendientes a lograr en ellos un uso más eficiente de la energía.

Debido a la creciente demanda energética, resulta indispensable la concientización en el uso racional de la energía, mediante la utilización de iluminación natural en horarios en los cuales es posible, y el diseño adecuado de cerramientos y vanos, con el fin de garantizar el confort con el menor gasto energético.

Por otra parte, promover la implementación de medidas de optimización edilicia tendiendo a la “*eficiencia energética*” se justifica por otras importantes razones: ya sea por la disminución del consumo de los recursos naturales, como son los combustibles fósiles (carbón, petróleo, gas), o por su consecuente disminución en la producción de contaminantes en la atmósfera (concentración de gases efecto invernadero, tales como el CO² y el metano), que incrementan los riesgos del cambio global. Asimismo, además de la cuestión ambiental, en general, ella es ventajosa en términos de retorno de la inversión (GOLDEMBERG, 2003 citado en MELCHIORI, SAN JUAN & DISCOLI, 2008). La edificación es responsable de casi la mitad de las emisiones de CO², dominando además la economía energética mundial. Los edificios utilizan una cantidad sustancial de energía en su etapa de construcción, pero su mayor impacto en el consumo se detecta en su etapa de operacionalización (MELCHIORI ET AL., 2008). Los edificios públicos (nacionales, provinciales o municipales), como el de la Facultad de Arquitectura y Urbanismo del Campus UNNE (Resistencia, Chaco), representan un potencial de ahorro energético equiparable en determinados casos al del sector comercial, por lo que contribuir a su estudio y a la aplicación de metodologías para determinar el grado de eficiencia energética de dichos edificios resulta un importante aporte (PACHECO ET AL., 2008). En el sector público de la construcción, a los parámetros de temperatura y humedad, que establecen las condiciones de habitabilidad de la vivienda, se agregan las condiciones lumínicas del ambiente, fundamentales para el adecuado desempeño de las tareas visuales (PATTINI & KIRSCHBAUM, 2006). La presencia de abundante luz natural en nuestra región posibilita la iluminación de los espacios interiores durante gran parte del día, sin necesidad de recurrir a la iluminación artificial. Tal como lo establecen PATTINI Y KIRSCHBAUM (2007), “*consideramos oportuno optimizar el acceso a la luz natural partiendo de la base de que el uso más sustentable de la luz natural es utilizarla ‘para iluminar’*” (p. 12.09). La posibilidad de iluminar los ambientes con luz natural permite utilizar racionalmente la energía, reduciendo su consumo. Asimismo, la utilización de la iluminación natural brinda salubridad ambiental y confort visual para los ocupantes (AGUAVIVA ET AL., 2002).

Dentro del universo de edificaciones públicas, el presente trabajo se enmarca en la arquitectura escolar, debido a la función de la sede edilicia para monitorear, la formación universitaria. Las escuelas tienen como particularidad que, además de un adecuado confort higrotérmico, requieren condiciones de acondicionamiento lumínico de alta exigencia, debido a que el confort visual favorece la eficacia de la principal tarea que realizar en sus espacios interiores: la lecto-escritura (PATTINI & KIRSCHBAUM, 2007). En los espacios escolares, es de fundamental importancia garantizar los niveles de iluminación sobre el plano de trabajo y una distribución homogénea de la luz para el bienestar físico y psíquico de sus ocupantes (BOUTET, HERNÁNDEZ, JACOBO, MARTINA & CORACE, 2010: 05.25), lo que favorece el buen desempeño en sus actividades.

METODOLOGÍA

La primera etapa del trabajo consistió en el estudio de antecedentes y en el relevamiento tecnológico-constructivo del edificio de la FAU-UNNE, así como en la revisión de normativas vigentes de acondicionamiento lumínico de edificios, Reglamento General de Construcciones de la ciudad de Resistencia, etc. Las actividades desarrolladas fueron:

1. Recopilación de antecedentes y documentación técnica referente al tema y análisis de la *documentación e información* reunida y de los parámetros mínimos de habitabilidad lumínica definidos por las normas técnicas vigentes, para las funciones específicas de los espacios relevados. Entre la normativa consultada para el presente trabajo, se puede destacar:

- Norma IRAM-AADL J 20-02 “*Iluminación Natural en Edificios. Condiciones generales y requisitos especiales*”. En esta norma se establecen las condiciones generales y requisitos especiales para que la iluminación natural en edificios sea adecuada y satisfactoria, tanto en calidad como en cantidad y distribución.
- Norma IRAM-AADL J 20-03 “*Iluminación Natural de Edificios. Método de determinación*”. Esta norma establece

los métodos de determinación de la iluminación natural en el interior de los edificios, y es posible aplicarla tanto a proyectos como a edificios ya construidos.

- Norma IRAM-AADL J 20-04 "Iluminación en escuelas. Características". El objeto de esta norma es establecer las características de iluminación y los valores de esta en las escuelas. Los requisitos básicos de la iluminación en escuelas son: un correcto nivel de iluminancia, una buena distribución y un adecuado contraste de luminancias, para lograr el máximo confort visual.

Los requisitos referentes a la iluminación natural determinan que los valores del coeficiente de luz diurna (CLD) media en un local sobre el plano de trabajo, ya sea este horizontal, vertical o inclinado, serán los establecidos en la tabla siguiente:

Locales	Coefficiente de luz diurna (%)	Observaciones
Aulas de enseñanza general	2 (*)	La relación entre los valores de iluminación máximos y mínimos no excederá de 3 a 1. Las ventanas estarán colocadas de manera que los alumnos no estén enfrentados a ellas y reciban la luz del lado izquierdo.
Aulas de enseñanza especial (dibujo, dactilografía, etc.)	5 (*)	
Educación física	2 (*)	
Locales de habitación	-	Cumplirán con los requisitos dados para vivienda en la norma IRAM-AADL J 20-02
Escaleras	1	Se tendrá especial cuidado en evitar contrastes excesivos en la línea de huella de la escalera.

(*) Este valor se deberá cumplir aún en el lugar más desfavorable del local.

Tabla 1: coeficientes de luz diurna. Fuente: Instituto Argentino de Racionalización de Materiales (IRAM). Asociación Argentina de Luminotecnia (AADL). Norma IRAM-AADL J 20-04 (1974). Buenos Aires, Argentina

La norma establece, asimismo, que cuando sea imposible obtener los valores de iluminancia natural fijados en la tabla 1, la luz diurna será complementada con iluminación artificial. En cuanto a esta, el valor medio en servicio de iluminancia, medido horizontalmente sobre el plano de trabajo, establecido de acuerdo con la altura donde se materializa la tarea (por ejemplo: alturas de mesas de dibujo, de pupitres, de mesadas de laboratorio, etc.) en los distintos locales de una escuela, será el establecido en la tabla 2, constituyendo el valor mínimo adecuado, a los efectos de lograr el desarrollo normal de las tareas.

Tipo de local	Valor medio de servicio de iluminancia (lux)
Aulas comunes (lectura y escritura)	500
Sobre pizarrón:	
Iluminación suplementaria	1000
Sala de lectura	400
Oficinas	500
Bibliotecas	400
Aulas especiales (trabajos prácticos)	750
Gimnasios	300
Restaurante:	
Iluminación general	300*
Vestuarios y baños:	
Iluminación general	100
Iluminación localizada	200**
Circulaciones	200
* Se recomienda iluminación subacuática de 200 lux	
** Iluminación sobre el plano vertical	
Laboratorio:	
Iluminación general	400*
Iluminación sobre el plano de lectura de aparatos	600
Enfermería	
Iluminación general	400

* Las fuentes de luz a utilizar tendrán una buena reproducción de color.

Tabla 2: Niveles de iluminancia. Fuente: Instituto Argentino de Racionalización de Materiales (IRAM). Asociación Argentina de Luminotecnia (AADL). Norma IRAM-AADL J 20-04 (1974). Buenos Aires, Argentina

En los locales de uso múltiple, donde se realicen tareas visuales de distinta dificultad, el valor medio en servicio de la iluminancia se adoptará en correspondencia con la tarea visual más exigida. En las aulas donde la escritura se realiza con lápiz, el valor medio de un servicio de la iluminancia indicado en la tabla 5 se incrementará en un 20 %.

- Norma IRAM-AADL J 20-05 "Luminotecnia. Iluminación Artificial en Interiores. Características". Esta norma contiene los requisitos de carácter general que hacen al diseño de una buena iluminación interior de los edificios. El objetivo básico es brindar a los usuarios los distintos parámetros que permitirán diseñar o evaluar propuestas de resolución de determinados problemas de la especialidad.

- Norma IRAM-AADL J 20-06 "Luminotecnia. Iluminación artificial de interiores. Niveles de iluminación". Esta norma establece el valor de servicio de la iluminación artificial para distintos tipos de locales, tanto en función del destino del local como de la dificultad que realizar.

- Criterios y Normativa Básica de Arquitectura Escolar del Ministerio de Educación de la Nación.

- Reglamento General de Construcciones de la Municipalidad de la ciudad de Resistencia.

2. Relevamiento del edificio de la Facultad de Arquitectura y Urbanismo y sus sectores principales. Posee dos sectores bien diferenciados: el edificio original, cuya construcción se inicia a fines de la década de 1950, y el bloque nuevo, construido en 2000 para albergar los talleres y aulas de mayor capacidad.

De dicho edificio se relevaron la tecnología con la que se materializan los distintos sectores y espacios, sus materiales y terminaciones; las aberturas y vanos de los locales; los dispositivos de iluminación; el mobiliario, etc.; a fin de obtener una sistematización de datos que permita con mayor facilidad y precisión aplicar la normativa y métodos de verificación (teórica, mediante normativa vigente, y experimental in situ, mediante instrumental apropiado) de los niveles y condiciones lumínicas existentes. Una parte del mencionado relevamiento se expresa, de manera sintética, en la tabla 3.

	AULA 6		AULA 3		BIBLIOTECA		AULA 11	TALLER 10A	TALLER 7A	
					Biblogra	Reja Lectura				
Medidas	6 x 17 m		6 x 14,95 m		8 x 12,6 m		6 x 8,1 m	14,9 x 19,2 m	18,60 x 34,60 m	18,6 x 34,60 m
Superficie	102 m ²		89,7 m ²		100,8 m ²		48,6 m ²	286,08 m ²	643,56 m ²	643,56 m ²
Dimensiones	1,33 x 1,95 m		1,33 x 1,95 m		1,33 x 1,95 m		1,33 x 1,96 m 2,50 x 1,90 m	1,20 x 1,69 m	1,15 x 1,64 m	1,15 x 1,64 m
Cantidad	4		4		3		1 1	14	25	25
Superficie total	10,37 m ²		10,37 m ²		7,78 m ²		7,34 m ²	26,71 m ²	44,28 m ²	44,28 m ²
Sup. de vidrio	6,2 m ²		6,2 m ²		4,65 m ²		2,55 m ²	17,9 m ²	26,17 m ²	31,1 m ²
Elementos de control	Postigones de madera		Postigones de madera		Postigones de madera		Postigones de madera	Corinas de paño	No posee	No posee
Orientación	NO		SO		NE		NE	NE, NO	NE, SO	NE, SO
Luminarias	Luminarias Fluorescentes de aplicar (0,32x1,24 m)		Luminarias Fluorescentes de aplicar para lámparas T8		Luminarias Fluorescentes de aplicar para lámparas T8		Luminarias Fluorescentes de embutir para tubos T5 (0,60x0,60 m)	Tubos fluorescentes	Tubos fluorescentes	Tubos fluorescentes
	Filas normales al pizarrón		Sobre el pizarrón		Filas normales al pizarrón		En celosías tipo - Durlock	Filas en dirección normal a las aberturas	Filas en dirección normal al pizarrón	Filas en dirección normal a los pizarrones
	Cantidad		10 4		10 4		7	6	42	98
Galería	NO		SI		NO		SI	NO	NO	NO
Ubicación	Sector Antiguo									
Piso	Mosaicos graníticos de color bordo oscuro				Mosaicos graníticos de color gris claro		Mosaicos graníticos de color bordo oscuro		Mosaicos graníticos de color bordo oscuro	
Muro	Mampostería de ladrillos macizos comunes (e=30 cm)									
Revoque	MAR exterior e interior. Pintura color blanco interior y color crudo en el exterior									
Cielos raso	Independiente, con estructura de madera, malla sima y capas de MAR, terminación al yeso.									
Cubierta	Estructura de madera (cobreada, correas, trantes más listoncillos), membrana plástica y tejas coloniales, clavadas a la estructura de listoncillos.									
							Piso		Loseta cerámica superior.	

Tabla 3. Síntesis del relevamiento de algunos locales del edificio de la FAU - UNNE. Fuente: elaboración propia

3. Definición de los sectores para verificar y monitorear en cuanto a sus condiciones de iluminación, tanto del sector original o antiguo como del sector nuevo del edificio: para la realización del monitoreo de los niveles de iluminación natural y artificial de los espacios interiores de la facultad, se definieron los locales buscando incluir aquellos que

resultaran representativos de las distintas situaciones, por lo que se seleccionaron aulas tanto del sector original de la facultad como del nuevo; con aventanamientos de diferentes dimensiones, en distintas orientaciones, con diferentes soluciones de mecanismos de protección, ubicados en distintas plantas del edificio, con presencia de galería, etc.; para lograr mayor diversidad en cuanto a los resultados. Para la definición de los sectores, áreas o locales que verificar y monitorear, se realizó un análisis de la frecuencia de uso de cada uno, como así también de sus volúmenes de usuarios.

Se seleccionaron tres locales del sector original (el aula 6, el aula 3 y la biblioteca, todos ubicados en planta baja) y tres en el sector "nuevo" (el aula 11, el taller 10 y el taller 7, en planta baja, primer y segundo piso, respectivamente), indicados en las figuras 1, 2 y 3. Se consideró conveniente incluir la biblioteca con su sala por la importancia del nivel de iluminación en este local destinado principalmente a la lectura.



Figura 1: locales monitoreados en planta baja, FAU-UNNE



Figura 2: locales monitoreados en primer piso, FAU-UNNE



Figura 3: locales monitoreados en segundo piso, FAU-UNNE

Antes de iniciar el monitoreo, se definieron puntos de medición en los locales seleccionados, para que los valores registrados en el transcurso de los días y horarios de monitoreo se efectúen en un lugar preciso. Para la ubicación de dichos puntos se consideraron los planos donde se realizan las tareas visuales, la disposición de los artefactos de luz artificial y de las aberturas, y la ubicación del mobiliario de trabajo.

La cantidad de puntos de medición se estableció en relación con las dimensiones del local, teniendo en cuenta que el departamento de Termodinámica de la Facultad de Ingeniería de la UNNE, que proporcionó el instrumental, solo dispone de un aparato, y que la totalidad de las mediciones debían ser ejecutadas en el menor tiempo posible, para que los valores registrados en las distintas horas fueran comparables entre sí. La separación de los citados puntos varía de 2,00 metros a 3,60 metros, dependiendo de las dimensiones de los locales. Los puntos de medición fueron dispuestos de manera simétrica en los locales (figura 4).

Antes del inicio del monitoreo, se realizó la marcación de la grilla de medición en el piso: se midió con cinta métrica la distancia entre cada punto y los cerramientos verticales y se realizó una marca con cinta adhesiva de papel. Esto permitió la medición de las condiciones lumínicas en puntos exactos durante todo el período de monitoreo (figura 5). El plano horizontal de las mediciones se estableció a 0,80 m. de altura desde el nivel de piso, altura que constituye el plano de trabajo establecido por la Norma IRAM AADL J 20-02.

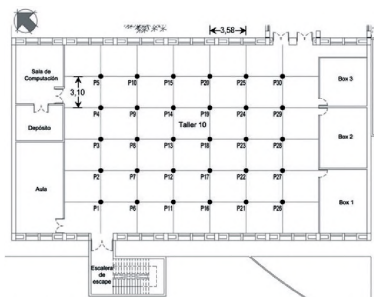


Fig. 4. Disposición de los puntos de medición. Fuente: elaboración propia

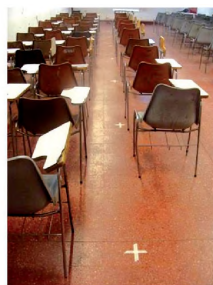


Fig. 5. Disposición de los puntos de medición. Fuente: elaboración propia



Fig. 6. Luxómetro. Fuente: elaboración propia

4. Monitoreo experimental. Las mediciones de iluminancia se programaron en dos períodos: diciembre de 2012 y julio/agosto de 2013, con la intención de verificar el nivel de iluminación de los locales en los momentos del año donde el sol posee mayor y menor altura, respectivamente. Se realizaron en los horarios de uso habituales de los locales durante el período de clases: a las 8.00 y 11.00 hs. por la mañana y a las 16.00 y 19.00 hs. por la tarde.

El protocolo de monitoreo consistió en el registro de datos horarios, a través de mediciones con un luxómetro digital, de niveles de luz natural, niveles de luz artificial y niveles de luz natural y artificial simultáneamente.

Durante el mes de agosto, la medición de iluminación natural que en el mes de diciembre se efectuó a las 19.00 hs. no pudo ser realizada, debido a que el horario de la puesta del sol en este período fue entre las 18:26 y las 18:28 horas. Las mediciones de iluminación artificial se realizaron luego de la puesta del sol. Los datos recogidos se volcaron a una planilla de Excel para su posterior interpretación. Para la medición de iluminancias se utilizó un multímetro digital auto rango 5 en 1 - MS8229 - MASTECH, con foto detector (4000Lux/40000Lux±5.0%), facilitado por el Departamento de Termodinámica de la Facultad de Ingeniería, GIDER, FI-UNNE (figura 6).

El monitoreo de verano se realizó entre los días 10 y 17 de diciembre de 2012, todos ellos soleados, a excepción del día 13/12/12, en que el cielo se encontraba parcialmente cubierto. El de invierno se llevó a cabo entre los días 29 de julio y 2 de agosto de 2013, con cielo despejado a excepción del día 02/08/13, con cielo mayormente nublado.

RESULTADOS

Los resultados obtenidos a partir de los monitoreos experimentales realizados en los meses de diciembre y agosto revelaron que el nivel de iluminación registrado en las aulas seleccionadas del edificio de la Facultad de Arquitectura y Urbanismo de la UNNE, en términos generales, se encuentra en niveles inferiores a lo establecido por la Norma IRAM AADL J 20 06, que fija un mínimo de 500 lux para las aulas comunes (figura 7), 400 lux para las bibliotecas y 750 lux para las aulas especiales (aulas donde se realizan trabajos prácticos). La Norma IRAM AADL J 20-04 establece asimismo que en las aulas donde la escritura se realiza con lápiz, el valor medio del servicio de la iluminación se debe incrementar en un 20 %, requiriendo, por lo tanto, un mínimo de 900 lux para los talleres.

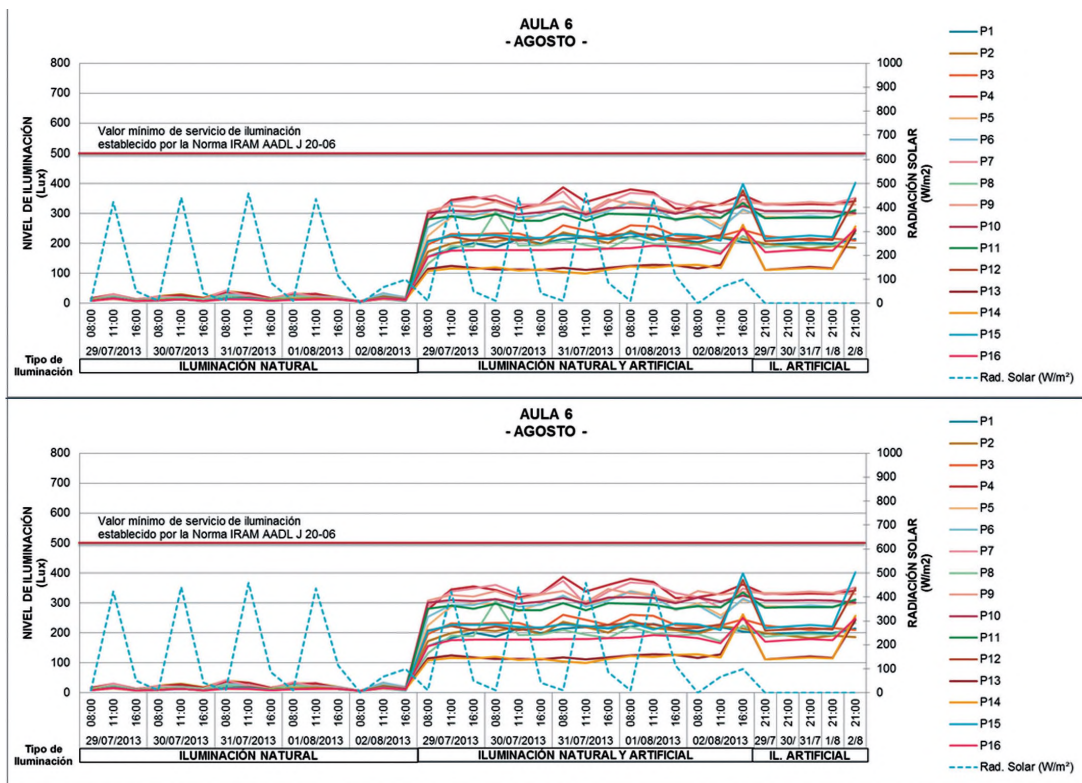


Figura 7. Medición meses de diciembre y agosto, aula 6

Iluminación natural

La iluminación natural no llega a cumplir con el mínimo establecido por las Normas IRAM-AAD_ 20-04 y 20-06 en prácticamente ninguno de los locales monitoreados. El único local que parcialmente se ubica sobre el mínimo requerido por normativa es el aula 11, con aberturas orientadas al noroeste, que en el mes de agosto registró niveles superiores de iluminación en los puntos de medición cercanos a las aberturas a las 16:00 horas (632 lux), debido a la incidencia de luz solar directa.

Como se observa en la figura 8, este tipo de iluminación en verano alcanza niveles superiores en los locales del sector nuevo de la facultad (aula 11, taller 10 y taller 7) y en el aula 6, con una iluminancia promedio 42,32 lux; mientras que en invierno, los locales con mayor iluminancia son el aula 11 y taller 7, con sus aberturas orientadas hacia el noreste y el noroeste, respectivamente, con un promedio de 59,96 lux. El local que presenta mayor nivel de iluminación natural es el Taller 7, con una iluminancia promedio de 49,34 lux en verano y 78,30 lux en invierno, valores, de igual manera, significativamente inferiores a los 900 lux requeridos por normativa.

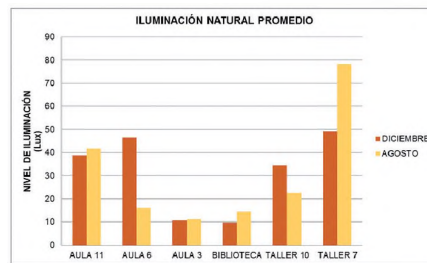


Figura 8. Niveles de iluminación natural promedio en diciembre y agosto

Los locales en las condiciones más desfavorables son la biblioteca y el aula 3 (ambos pertenecientes al sector antiguo), donde el valor promedio es de 10,17 lux en verano y 12,88 lux en invierno. La biblioteca, local con uno de los niveles más bajos, posee la misma orientación que el taller 7, por lo que se presume que la gran diferencia entre ambos niveles de iluminación puede estar relacionada con la existencia de galerías perimetrales que resguardan las aberturas de la biblioteca y el aula 3.

La iluminación natural no es uniforme en los locales monitoreados, ya que en todos los casos, a excepción del aula 3, se verifica que el nivel de iluminación es superior en las cercanías a los aventanamientos y disminuye bruscamente al alejarse de ellos (figura 9).



Figura 9. Izquierda: niveles de iluminación natural promedio por punto en diciembre, aula 6. Derecha: Niveles de iluminación natural promedio por punto en agosto, taller 7

Si se compara el nivel de iluminación natural promedio registrado en diciembre y en agosto en los distintos locales monitoreados (figura 10), se puede observar que, en la mayoría de los casos, la iluminancia es superior en verano. Esta condición no se cumple en aula 11 a las 16:00 horas y en el taller 7 a las 11:00 horas, debido a que ambos locales reciben luz solar directa en dichos horarios en el mes de agosto.

La biblioteca reviste un caso especial, debido a que su galería perimetral fue demolida antes de iniciar la medición del mes de agosto, para su reconstrucción, por lo que en este local el nivel de iluminación aumentó en este período, debido a la incidencia de luz directa en horarios diurnos.

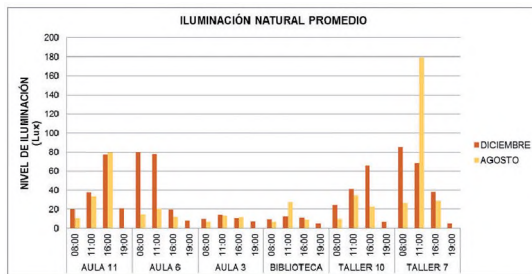


Figura 10. Niveles de iluminación natural promedio en diciembre y agosto

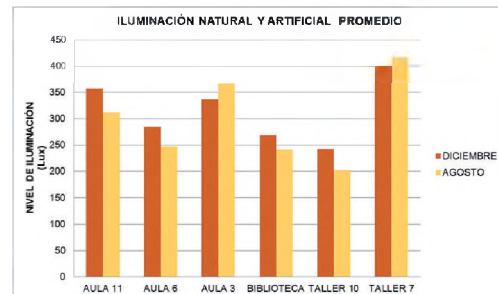


Figura 11. Niveles de iluminación natural y artificial promedio

Iluminación natural y artificial simultáneamente

Si la iluminación natural y la artificial son utilizadas de manera simultánea, el nivel de iluminación general de los locales es considerablemente mayor, y los niveles registrados se aproximan más a lo requerido por la normativa, en comparación con la utilización de iluminación natural o artificial de manera independiente.

El nivel de iluminación natural y artificial promedio (figura 11) oscila entre los 202,39 lux y los 415,52 lux en los distintos locales, observándose los mayores valores en el taller 7 (2.º piso del sector nuevo), con aberturas orientadas hacia el noreste; en el aula 3 (edificio original), con aberturas orientadas hacia el suroeste; y en el aula 11 (planta baja del sector nuevo del edificio), con aberturas orientadas hacia el noroeste.

Cuando se utiliza la iluminación natural y artificial de manera simultánea, la uniformidad de iluminación en los locales mejora, si bien en las aulas comunes (aulas 11, 6 y 3) se observa una clara disminución de la iluminancia en los puntos de medición ubicados en el frente del local, donde se ubica el pizarrón, sector que por normativa requiere la mayor iluminación que en el resto del local (1000 lux), tal como lo indica la figura 12.

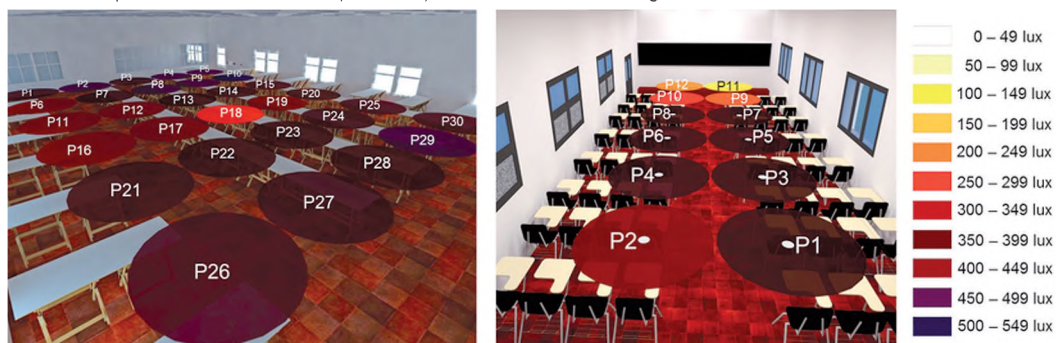


Figura 12. Izquierda: niveles de iluminación natural y artificial promedio por punto en diciembre, taller 7. Derecha: niveles de iluminación natural y artificial promedio por punto en diciembre, aula 3

La figura 13 contrasta los niveles promedios de iluminación natural y artificial en los horarios en los que fueron monitoreados los locales en los meses de diciembre y agosto. De manera similar a la iluminación natural, se observa que, en términos generales, el nivel registrado en el mes de agosto es inferior al del mes de diciembre. El caso más llamativo es el del aula 3, que presenta mayor iluminancia durante el invierno. Como dicho aumento no se observa en los registros de iluminación natural, se presume que se han modificados las condiciones de iluminación artificial en el

local previamente a la medición del mes de agosto. Al igual que en la figura 10, se evidencia un aumento del nivel de iluminación en invierno a las 11:00 horas en el taller 7, producto, como se mencionó anteriormente, de la incidencia de luz solar directa.

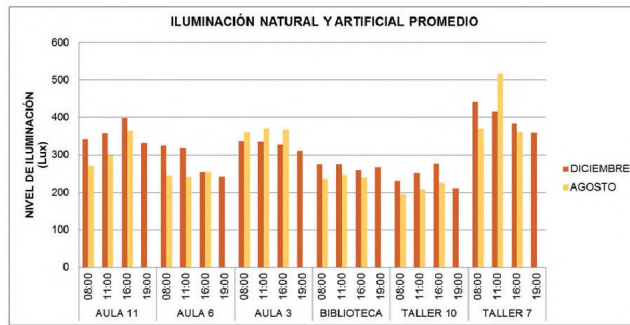


Figura 13. Niveles de iluminación natural y artificial promedio en diciembre y agosto

Iluminación artificial

La iluminación artificial utilizada independientemente (sin el aporte de iluminación natural) no llega al nivel establecido por la normativa. Los valores promedios de los distintos locales (figura 14) varían entre los 196 lux en el taller 10 y 349,42 lux en el taller 7. En el momento de realizar los monitoreos, numerosas lámparas y luminarias se encontraban dañadas, por lo que se supone que si la totalidad de estas se encontrasen en servicio, el nivel general sería mayor y la uniformidad en los locales se optimizaría.

Este tipo de iluminación se presenta más uniformemente entre los distintos puntos de medición en los locales del sector nuevo de la facultad, mientras que en el sector antiguo existen fluctuaciones mayores entre ellos. De manera contraria a lo que sucede con la iluminación natural, el nivel de iluminación artificial aumenta hacia el centro del local, pero al igual que el caso anterior, disminuye hacia el pizarrón, lo que constituye una situación desfavorable.

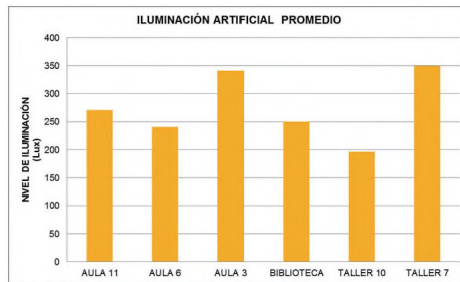


Figura 14. Niveles de iluminación artificial promedio

CONCLUSIONES

Habiéndose realizado un monitoreo de las condiciones lumínicas en aulas del edificio sede de la Facultad de Arquitectura y Urbanismo de la Universidad Nacional del Nordeste (FAU-UNNE), durante ciertos períodos de los meses de diciembre y agosto (verano e invierno típicos, respectivamente), se han obtenido resultados que determinan un

desempeño lumínico regular a deficiente en dichas aulas, tanto referido a la iluminación natural como a la artificial, según el rango impuesto por normativa IRAM AADL J 20-04, vigente para edificios educativos.

Los niveles de iluminación natural son muy bajos, en especial en las aulas del sector antiguo del edificio, y, si bien en las aulas del sector nuevo se registran mayores valores de iluminación natural, estos no son uniformes en el local, ya que presentan descensos muy importantes hacia el interior (centro) del local. Asimismo, se han observado casos de incidencia solar directa en las aulas y talleres monitoreados, situación desventajosa que obliga a los usuarios en los locales que cuentan con medios de oscurecimiento a mantenerlos cerrados durante las horas de incidencia solar directa. Asimismo, se demostró que el mayor nivel de iluminación alcanzado en las aulas se logra mediante la utilización de iluminación natural y artificial de manera conjunta, siendo igualmente insuficiente en comparación con lo requerido por la normativa vigente. La distribución de la iluminación artificial determina la uniformidad de la iluminación en las aulas, por lo que se debe prestar mayor atención a esta, debido a que durante los monitoreos se evidenciaron numerosas luminarias y lámparas fuera de funcionamiento.

En función del relevamiento realizado y de los resultados obtenidos, se verifica el desaprovechamiento de las posibilidades que brinda la iluminación natural y se hacen necesarias propuestas de mejoramiento, a través del adecuado planteo (orientaciones, dimensiones, dispositivos de protección, etc.), de las aberturas y vanos de las aulas, para que imposibiliten el ingreso de luz solar directa y permitan el de luz solar indirecta.

BIBLIOGRAFÍA

AGUAVIVA, Eduardo et ál. (2002). *“Artefactos para iluminación natural integrados a la arquitectura. Estrategias de optimización de las condiciones lumínicas en la envolvente de un taller de la FADU – UBA”*. Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente. Vol. 6, N.º 1. Argentina. ISSN 0329-5184, p. 05.37.

BOUDET, M. L.; HERNÁNDEZ, A. L.; JACOBO, G. J.; MARTINA, P. E.; CORACE, J. J. (2010). *“Evaluación de las condiciones de iluminación natural y artificial existentes en el jardín materno infantil de la Universidad Nacional del Nordeste”*. Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente. Vol. 14, Argentina. ISSN 0329-5184, p. 05.25.

CASABIANCA, G.; SNOJ, M. V.; MARUSIC, J.; EVANS, J. (2009). *“Desarrollo de una guía para edificios escolares considerando pautas de eficiencia energética”*. Publicado como *“Comunicación”* en el CD de la XXXII Reunión de Trabajo de la Asociación Argentina de Energías Renovables y Ambiente (ASADES) y XVIII Encuentro de la Asociación Internacional para la Educación en Energía Solar (IASEE). Vol. 13, 2009. ISSN 0329-5184. Editores de ASADES. INENCO. Salta, Argentina.

GOLDEMBERG, J. (2003). *“Energía, meio ambiente e desenvolvimento”*. EDUSP, ISBN 85-314-0452-5.

INSTITUTO ARGENTINO DE RACIONALIZACIÓN DE MATERIALES (IRAM). Asociación Argentina de Luminotecnia (AADL). NORMAS:

- Norma IRAM-AADL J 20-02 (1969). Iluminación Natural en Edificios. Condiciones generales y requisitos especiales. Buenos Aires, Argentina.
- Norma IRAM-AADL J 20-04 (1974). Iluminación en escuelas. Características. Buenos Aires, Argentina.
- Norma IRAM-AADL J 20-06 (1972). Luminotecnia. Iluminación artificial de interiores. Niveles de iluminación. Buenos Aires, Argentina.

MELCHIORI, M.; SAN JUAN, G.; DISCOLI, C. (2008). *“Comportamiento energético y ambiental de establecimientos educativos de la red pública de Campinas (Brasil) y La Plata (Argentina). Comparación al aplicar medidas de optimización edilicia”*. Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente. Vol. 12. Argentina. ISSN 0329-5184, p. 07.65.

MINISTERIO DE CULTURA Y EDUCACIÓN DE LA NACIÓN (1997). Criterios y Normativa Básica de Arquitectura Escolar. Anteproyecto. Versión 1. 1997.

PACHECO, C. G. et ál. (2008). *“Estudios y aplicación de metodologías de eficiencia energética en edificios públicos”*. Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente. Vol. 12, Argentina. ISSN 0329-5184. Pp. 07.95 - 07.100.

PATTINI, A.; KIRSCHBAUM, C. (2007). *“Evaluación subjetiva de ambiente lumínico de aulas de escuelas bioclimáticas en la Provincia de Mendoza”*. Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente. Vol. 11, Argentina. ISSN 0329-5184, pp. 12.09-12.10.

PATTINI, A.; KIRSCHBAUM, C. (2006) “Iluminación natural en edificios solares. El caso del control y distribución lumínica en aulas de un edificio escolar construido en Mendoza”. Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente. Vol. 10, Argentina. ISSN 0329-5184, pp. 05.197.