

Mejoras para condiciones de iluminación en aulas tipo de escuelas nuevas construidas en Tucumán, Argentina

Improvements for lighting conditions in standard classrooms in new schools built in Tucumán, Argentina

Márquez Vega, S. Gabriela; Martínez, Cecilia F.

S. Gabriela Márquez Vega

sgmarquezvega@herrera.unt.edu.ar

Universidad Nacional de Tucumán, Argentina

Cecilia F. Martínez

cmartinez@herrera.unt.edu.ar

Universidad Nacional de Tucumán, Argentina

ARQUITECNO

Universidad Nacional del Nordeste, Argentina

ISSN: 0328-0896

ISSN-e: 2668-3988

Periodicidad: Semestral

núm. 20, 2022

arquitecto202@gmail.com

Recepción: 01 Agosto 2022

Aprobación: 26 Octubre 2022

URL: <http://portal.amelica.org/ameli/journal/674/6743586004/>

DOI: <https://doi.org/10.30972/arq.0206260>

Resumen: Se aborda el análisis de la iluminación en aulas de escuela prototípica del nivel intermedio que representa el 67% del parque educativo construido en el Programa Nacional 700 Escuelas, 2003-2015. El objetivo es analizar los niveles de iluminación natural y el uso de iluminación artificial, y a partir de los resultados proponer mejoras que permitan alcanzar las condiciones de confort y uso. Como metodología se trabajó con mediciones in situ, análisis gráficos y análisis de consumos. Los resultados permiten conocer las condiciones de iluminación natural y artificial, verificando que no se cumplen con los mínimos de IRAM AADL J20.06. Se proponen mejoras para ambos casos, con propuestas que modifican el diseño de aberturas incrementando la ganancia de luz natural y mejora en la eficiencia y uso racional de la iluminación artificial que permitiría alcanzar un ahorro mayor al 40% en el consumo de energía.

Palabras clave: iluminación natural, iluminación artificial, confort visual, aulas, eficiencia energética.

Abstract: The analysis of lighting in classrooms of a prototypical intermediate level school, which represents 67% of the educational facilities built in the National 700 Schools Program, 2003-2015, is addressed. The objective is to analyse the levels of natural lighting and the use of artificial lighting, and based on the results, to propose improvements to achieve habitability conditions. The methodology used was based on in situ measurements, graphic analysis and consumption analysis. The results show the natural and artificial lighting conditions, verifying that the minimum standards are not met. Improvements are proposed for both cases, with proposals that modify the design of openings to increase the gain of natural light and improve the efficiency and rational use of artificial lighting, which would allow savings of more than 40% in energy consumption.

Keywords: daylighting, artificial lighting, visual comfort, classrooms, energy efficiency.

INTRODUCCIÓN

Uno de los factores que más afecta a nuestro ambiente natural y que se relaciona con la calidad de vida, es la contaminación generada por el uso de energía derivada de fuentes fósiles, especialmente la energía eléctrica, que en el año 2021 representó en el mercado eléctrico mayorista nacional el 63,4% (CNEA, 2021).

Reducir el uso de energía eléctrica debe constituir un objetivo fundamental para reducir el efecto contaminante que la producción de este servicio genera y en este sentido no se trata sólo de reducir el consumo sino también, de afrontar el problema desde el uso racional y la eficiencia energética, siendo este último lo referido a usar la menor cantidad posible de energía para conseguir satisfacer adecuadamente las necesidades de iluminación, calefacción, refrigeración y comodidad ambiental en general. Lograr la eficiencia energética en los sistemas de acondicionamiento artificial es fundamental para conseguir el objetivo de sostenibilidad, independientemente de que el origen de la energía utilizada sea no renovable o renovable.

Los espacios áulicos dentro de los edificios escolares son el ámbito principal donde se desarrolla el proceso de aprendizaje y la calidad ambiental que estos espacios brindan a sus usuarios es un factor de gran influencia en el resultado final del proceso didáctico, por lo que la evaluación de la calidad educativa debe involucrar la evaluación sobre qué tan propicios son estos espacios escolares para generar ambientes físicos educativamente habitables, es decir, qué condiciones de confort, salud, física y mental, y seguridad ofrecen, situación que se refuerza en el informe realizado por Barrett et al (2015) que destaca: "...las diferencias en cuanto a la calidad del aire, la luz y los colores pueden incrementar en un 16% los progresos de los alumnos en su aprendizaje en un solo año..."

Dentro de los aspectos ambientales que se relacionan con el confort en un espacio interior, los que más influyen en el rendimiento estudiantil tienen que ver con la iluminación y las condiciones térmicas, como lo demuestran diversos trabajos: Conway et al, (2000); Earthman, (2002). Cuando estos dos aspectos deben ser controlados de forma artificial, se incurre en un costo económico sin que, con ello, se pueda garantizar lograr condiciones de calidad. En este sentido el Informe de la Agencia de Protección Ambiental (APrA, 2014), indica que el 75% del consumo de energía eléctrica en los edificios escolares se debe al uso de iluminación artificial. Así mismo un análisis de los consumos de energía en un grupo de escuelas del Gran San Miguel de Tucumán (GSMT), realizado por Ledesma et al (2016) indica: "...se ha determinado que la energía consumida se emplea para la iluminación artificial en un promedio del 85%."

En las escuelas de la provincia de Tucumán se evidencia la falta de calidad en las condiciones de iluminación en los espacios áulicos, como lo expresan los resultados obtenidos en trabajos de análisis y relevamiento en escuelas del GSMT (Ledesma et al, 2014; Ledesma et al, 2016). Esta situación se verifica en las mediciones y simulaciones, como se expone en Ledesma et al (2018): "...a partir de las mediciones...se pudo verificar que... existe una distribución deficiente de la iluminación natural...una uniformidad inferior al mínimo recomendado...y valores en lux que solo se cumplen en menos del 50% del aula". Por otra parte, se indica en Ledesma et al (2018): "...en las simulaciones lumínicas... se observó que... los valores de iluminancia natural son inferiores a los recomendados por Norma y sólo en el 12% los valores superan los 500 lux..."

En las escuelas resulta difícil lograr el aprovechamiento pleno de la iluminación natural como principal fuente, debido a que, por las funciones desarrolladas en las aulas, es necesario impedir el ingreso de radiación directa ya que causa problemas de contraste y deslumbramiento, así el uso necesario de protecciones solares ocasiona una pérdida importante en el aporte de luz natural (Orio, 2017).

Esta condicionante hace difícil que un sistema de aventanamiento pueda cubrir el requerimiento lumínico total de un aula y, si bien se puede lograr incrementar el uso de la iluminación natural, no se logra llegar a valores mínimo de iluminación aceptable en el total del aula, especialmente en las zonas más alejadas de las aberturas y en el período de otoño-invierno cuando se presentan los valores más bajos de iluminación exterior disponible.

Los edificios escolares representan una superficie construida importante dado que cada escuela nueva tiene un promedio de 1.800 a 2.500 m², siendo por ello de gran importancia que los sistemas de iluminación artificial sean eficientes a fin de reducir el consumo generado, ya que su uso se plantea como algo necesario y casi obligatorio durante la mayor parte del año.

PROTOTIPO DE ESTUDIO

En el período 2003-2015, con el Programa Nacional 700 Escuelas se inauguraron en la provincia de Tucumán 237 escuelas públicas, de las cuales 129 se realizaron dentro del área del Gran San Miguel de Tucumán (GSMT), conglomerado urbano que alberga a más del 68% de la población. Entre las escuelas construidas, se distinguen edificios de diferentes niveles educativos, siendo el análisis de este artículo los edificios de nivel educativo intermedio, con 67 escuelas dentro del GSMT. De estas el 76% es decir 50 escuelas, mencionadas en la tabla 1, poseen el mismo proyecto arquitectónico-funcional, las mismas especificaciones técnicas y constructivas y cuentan con igual situación de emplazamiento y orientación, figuras 1 y 2.



Figura. 1

Foto de escuelas nuevas construida en Tucumán.
Elaboración con fuente base de datos Plan 700 escuelas.



Figura. 2

Imágenes de las escuelas nuevas
Fotos propias de relevamiento

Tabla 1:

Departamento de ubicación de las escuelas estudiadas				
Capital	Cruz Alta	Lules	Tafí Viejo	Yerba Buena
Escuela Barrio SEOC Escuela Luis Braille Esc. Próspero García Esc Especial N° 395 Esc. Barrio Los Vázquez Esc. M.M. de Güemes Esc. Jujuy al 4000 Esc. Barrio Maciel Esc. Barrio Costanera Esc. Nueva Villa Amalia Esc. Benjamín Matienzo Esc. Barrio Sutiaga Esc. Barrio San Miguel Esc. M. Alfaro al 1200 EGB3 y Poli Capital EGB3 y Poli B. Lola Mora Esc. Media El Salvador Esc. Sec. Campo Norte Esc. Barrio Gral Belgrano Esc. Especial Lagarrigue Es. Av. San Ramón	Esc. Divino Niño Esc. 110 Los Gutierrez Esc. Banda Río Salí Esc. en Alderetes Esc. Ramón Paz Posse Esc. Barrio Aeropuerto Esc. Virgen del Milagro Esc. Media La Florida	Esc. Celestino Gelsi EGB3 y Poli El Manatíal EGB3 y Poli San Pablo Esc. Villa del Rosario Esc. Media San Pablo	Esc. Barrio El Gráfico 2 Esc. Barrio Policial Esc. Primaria Lomas de Tafí Esc. Nueva Lomas de Tafí F Esc. Barrio UTA Esc. Nueva Lomas de Tafí A Esc. Nueva Lomas de Tafí D Esc. Sec. Dr. Moreno Esc. M. Cervantes Saavedra Esc. Sec. El Colmenar	Esc. Barrio Los Pinos Esc. Salobreña Esc. Barrio Islas Malvinas Esc. Villa Carmela Esc. Barrio El Mrador Esc. Barrio N. Avellaneda

Listado de escuelas que abarca el estudio.

Elaboración propia.

El proyecto se resuelve sobre el eje este-oeste, con fachadas principales al norte y sur, dividiéndose en dos bloques paralelos, separados por patios abiertos, unidos por una circulación cubierta. Las aulas son de 7 x 7 m, en doble hilera con pasillo central, y patios cubiertos como elemento conector de áreas, figura 3.

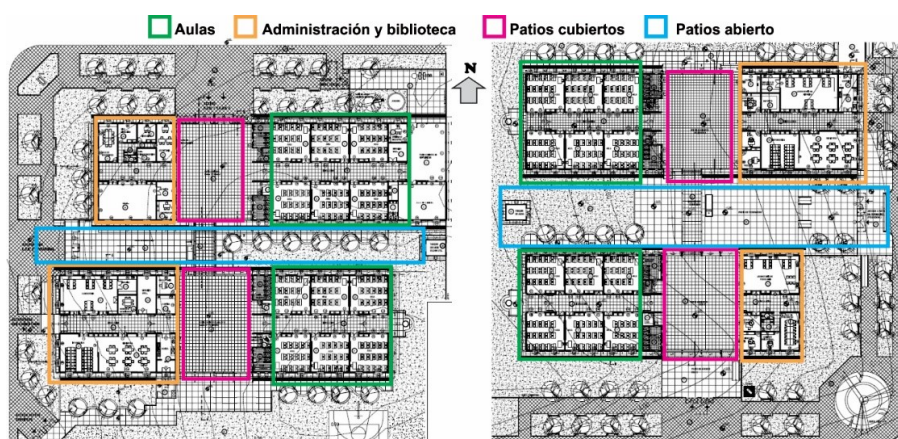


Figura. 3

Planta tipo Escuela Maciel (der.) y Escuela Los Pinos (izq.).

Elaboración propia con planos Plan 700

La envolvente exterior, en las cuatro orientaciones, se resuelve con muros de ladrillo cerámico macizo de 0,27 m de espesor con revoque interior. La cubierta es de losa de hormigón armado, sin cielorraso, con carpeta alivianada, membrana hidrófuga y un sobre techo de chapa.

EVALUACIÓN DE CONDICIONES DE ILUMINACIÓN EN AULAS

Situación de iluminación natural

En los casos analizados se determinó que este prototipo de escuela presenta ventanas que tienen una obstrucción significativa de la bóveda celeste debido a sus parasoles quebrados, además de presentar una

cubierta con un voladizo de dimensiones importantes, lo que reduce el aporte de iluminación natural. La relación entre área vidriada y área del piso es de un 12,8%, no superando el máximo recomendado de 25% para locales con orientación al Norte y Sur.

Se realizaron mediciones in situ con Luxímetro Tenmars DL-201 así como determinación gráfica con método del BRS. Al analizar los niveles promedio de iluminación natural en el aula los valores de coeficiente de luz diurna (CLD) no superan el 1%, siendo el valor promedio de 0,34%, figura 4 (Cisterna et al, 2019), no llegando al mínimo normado de 2% para la función de aula general.

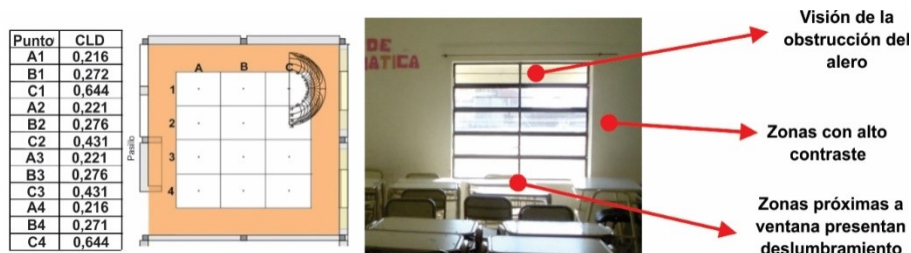


Figura 4

CLD determinados y vista interior de aula (luces artificiales apagadas)
Elaboración propia

Las mediciones mostraron que, en la mayor parte del aula, los niveles de iluminación no llegan a superar el valor mínimo de 500 lux establecido por Norma IRAM AADLJ20.06, siendo la iluminancia media obtenida sobre el plano de trabajo horizontal de 125 lux (Ledesma et al, 2016), figura 5.

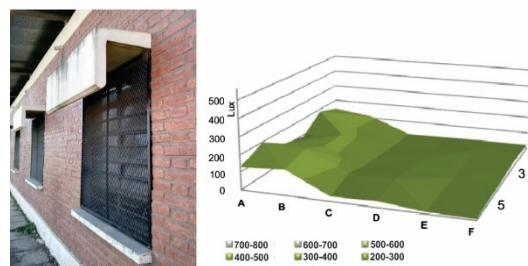


Figura 5

Niveles de iluminación (lux) medidos en aula tipo Esc. Lomas de Tafi: punto A próximo a la ventana.
Ledesma et al (2016), foto propia.

Otro factor que influye negativamente en la disponibilidad de iluminación natural es la necesidad de uso de elementos de protección contra vandalismo y la condición de deslumbramiento que produce el ingreso de radiación solar directa, por lo cual es común el uso de cortinas para controlar esta situación. En las entrevistas a docentes indicaron también que en días de temperatura baja se mantienen cerradas las cortinas para disminuir “la condición de frío” que genera el vidriado. Es decir que, en invierno y verano, mañana y tarde, se mantienen cerradas las cortinas interiores en la mayoría de las aulas, figura 6.

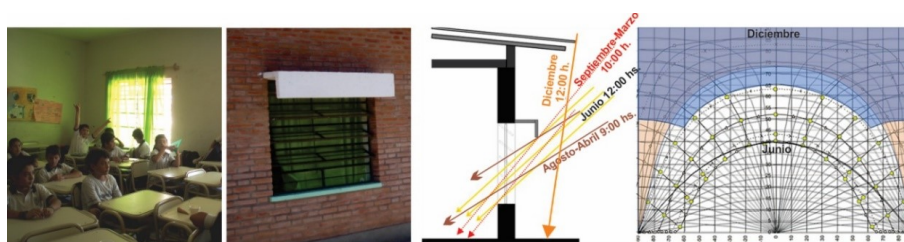


Figura 6

Vista interior (sin luz artificial) y exterior de ventanas. Esquema de incidencia solar
Elaboración y fotos propias

Si bien es posible aprovechar más la luz natural con un diseño de aberturas más amplio y eficiente, todos los factores indicados provocan que el recurso sea difícil de abordar como la solución de mayor importancia para aumentar los niveles de iluminación a fin de poder cumplir al menos con los niveles mínimos indicados por la IRAM AADL J20.06. Además, el uso de superficies vidriadas más amplias afecta directamente al balance térmico estival, por la ganancia de calor generada, condición que no se puede descuidar por tratarse de un clima cálido-húmedo y porque las escuelas no disponen de sistemas de enfriamiento de aire.

Todas estas condicionantes hacen necesario el uso de iluminación artificial durante todo el año y prácticamente durante todo el horario de funcionamiento del turno escolar, lo que se relaciona directamente con el consumo de energía eléctrica ya que, como se indicó anteriormente, la iluminación artificial es el ítem de mayor consumo en los edificios escolares.

Todas estas condicionantes hacen necesario el uso de iluminación artificial durante todo el año y prácticamente durante todo el horario de funcionamiento del turno escolar, lo que se relaciona directamente con el consumo de energía eléctrica ya que, como se indicó anteriormente, la iluminación artificial es el ítem de mayor consumo en los edificios escolares.

Situación de iluminación artificial

La Norma IRAM establece en 500 lux el nivel de iluminación mínimo para la función de aula general, sobre el plano de trabajo horizontal.

En evaluaciones de las condiciones de consumo de electricidad realizadas para las escuelas prototipo y considerando condiciones de iluminación artificial como complemento por el deficiente aporte de iluminación natural, se observa que a pesar de los altos consumos de energía no se logra cumplir con los niveles mínimos establecidos, situación que no solo se presenta en el prototipo analizado, sino que se repite en la mayoría de las tipologías de edificios escolares del GSMT, figura 7. El uso de iluminación artificial tampoco permite mejorar las condiciones de distribución y uniformidad de la iluminación (Ledesma et al, 2016).

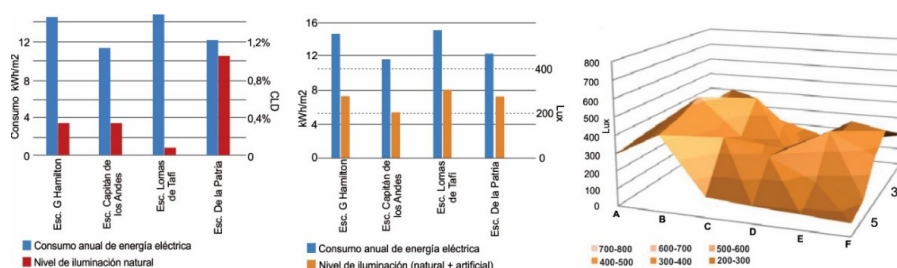


Figura 7

Consumo anual y niveles de iluminación interior.
Elaboración según gráficos Ledesma et al (2016).

La iluminación artificial está cubierta por 4 luminarias distribuidas simétricamente, con 3 lámparas fluorescentes Standard de 36 W y 2500 lm, que generan una iluminancia media, calculada sobre el plano de trabajo de 274 lux.

PROPUESTAS

Mejora para iluminación natural

El sistema de nuevo aventanamiento propuesto para mejorar la situación original de iluminación natural consideró como pautas: - Obstrucción total de la radiación solar incidente sobre el plano de trabajo durante todo el año; - Favorecer una mejor distribución de la iluminación; - Permitir el ingreso de luz hacia la parte más profunda del local.

Como propuesta se plantea agregar una ventana superior de 0,56 m de alto que permita reforzar la iluminación hacia la parte más profunda del local. También agregar al sistema actual de carpintería, lamas horizontales metálicas de 0,30 m de ancho que actúan como pequeños estantes de luz y parasoles, figura 8. Se aumenta así la relación de superficie vidriada y área de piso a un 15,9 %, respetando aún el máximo recomendado y los valores de coeficiente de luz diurna en el punto medio del aula asciende a un 1%, una mejora sustancial pero que no logra alcanzar el valor mínimo establecido, 2%, para la función desarrollada.

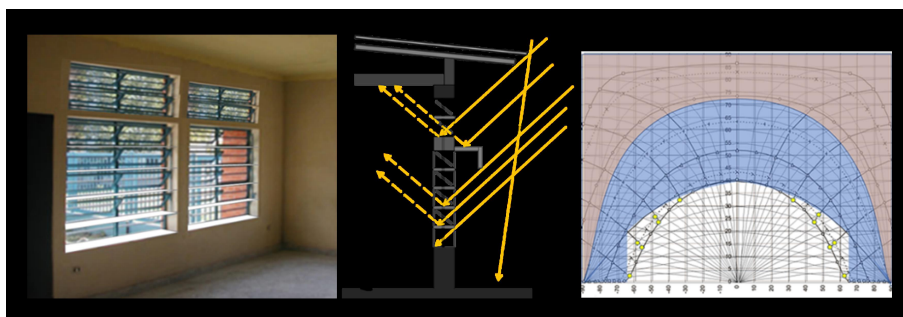


Figura 8

Propuesta abertura y estudio de obstrucción solar anual (ventanas Norte)
Elaboración propia

Propuesta de diseño de la iluminación artificial eficiente en las aulas

Como primera medida se propone reemplazar las lámparas fluorescentes por lámparas LED de 33 W y 4.000 lm, manteniendo el número y distribución de luminarias para no generar gastos de reforma, figura 9.

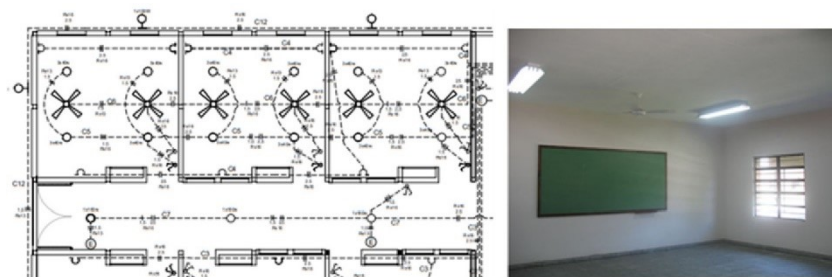


Figura 9

Distribución original de la iluminación artificial en aulas
Legajo técnico

Se logra así un mayor flujo luminoso con una potencia eléctrica similar a la utilizada en la situación original y mayor iluminancia media sobre el plano de trabajo, mejorando las condiciones al aumentar la iluminancia media un 60% pero reduciendo el consumo, tabla 2.

Tabla 2

12 Lámparas	1- Lámparas fluorescentes (36 W)	2- Lámparas LED (33 W)
Potencia eléctrica	432 W	396 W
Flujo luminoso	30.000 lm	48.000 lm
Densidad luminica	8,81 W/m ²	8,08 W/m ²
E media	274 lx	438 lx

Comportamiento lumínico: Caso original (1) y Caso propuesto (2)
Elaboración propia

En las escuelas se mantienen encendidas las luces durante todo el día, de inicio a final del horario escolar debido a la falta de calidad y cantidad de luz, falta de control y mantenimiento de la instalación, lo que genera disminución del rendimiento, y por falta de conciencia energética y problemas de seguridad.

Para cuantificar el potencial de ahorro de energía usada en iluminación artificial se establece la cantidad de horas anuales a considerar. Se estima necesario encender las luces durante toda la jornada escolar (de 7:00 a 19:00 horas), en 20 días al mes (de lunes a viernes), y en los meses de marzo a diciembre (periodo escolar), excluyendo el receso invernal de dos semanas en julio. Así se establece un encendido de iluminación artificial total de 2340 horas al año.

La zona de pizarrón, plano vertical, debería contar con iluminación complementaria ya que el nivel normado para el sector es mayor al del aula. Aunque esta situación no se da en la actualidad, se considera la suma de una lámpara con uso en iguales horas que la iluminación general para tenerlo en consideración.

Para la condición de uso original de iluminación artificial, situación actual, las luces permanecen encendidas durante toda la jornada escolar. Se obtiene un consumo anual estimado de 1054,08 kWh, tabla 3.

Tabla 3

Meses	Horas													Pizarrón	Diario	Mensual
	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19			
Marzo	432	432	432	432	432	432	432	432	432	432	432	432	432	240	5856	117120
Abril	432	432	432	432	432	432	432	432	432	432	432	432	432	240	5856	117120
Mayo	432	432	432	432	432	432	432	432	432	432	432	432	432	240	5856	117120
Junio	432	432	432	432	432	432	432	432	432	432	432	432	432	240	5856	117120
Julio	432	432	432	432	432	432	432	432	432	432	432	432	432	240	5856	58560
Agosto	432	432	432	432	432	432	432	432	432	432	432	432	432	240	5856	117120
Septiembre	432	432	432	432	432	432	432	432	432	432	432	432	432	240	5856	117120
Octubre	432	432	432	432	432	432	432	432	432	432	432	432	432	240	5856	117120
Noviembre	432	432	432	432	432	432	432	432	432	432	432	432	432	240	5856	117120
Diciembre	432	432	432	432	432	432	432	432	432	432	432	432	432	240	5856	117120
																kWh año
																1054,08

KWh de energía usada para iluminación caso original, sin control de encendido
elaboración propia

Se analizó el uso de la iluminación artificial para el Caso propuesto, lámparas LED, bajo dos situaciones de uso.

Situación 1: Sin control de encendido, es decir las luces se encienden al ingresar al aula y permanecen así durante toda la jornada, que es el modo actual que se realiza, tabla 4. Se observa que el consumo anual sería de 996,84 kW. Es decir que se disminuye el consumo en un 5,5% con solo realizar el cambio de luminarias utilizadas

Tabla 4

	Horas															
Meses	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	Pizarrón	Diario	Mensual
Marzo	396	396	396	396	396	396	396	396	396	396	396	396	396	390	5538	110760
Abril	396	396	396	396	396	396	396	396	396	396	396	396	396	390	5538	110760
Mayo	396	396	396	396	396	396	396	396	396	396	396	396	396	390	5538	110760
Junio	396	396	396	396	396	396	396	396	396	396	396	396	396	390	5538	110760
Julio	396	396	396	396	396	396	396	396	396	396	396	396	396	390	5538	55380
Agosto	396	396	396	396	396	396	396	396	396	396	396	396	396	390	5538	110760
Septiembre	396	396	396	396	396	396	396	396	396	396	396	396	396	390	5538	110760
Octubre	396	396	396	396	396	396	396	396	396	396	396	396	396	390	5538	110760
Noviembre	396	396	396	396	396	396	396	396	396	396	396	396	396	390	5538	110760
Diciembre	396	396	396	396	396	396	396	396	396	396	396	396	396	390	5538	110760
																kWh año
																996,84

KWh de energía usada para iluminación propuesta (LED), sin control de uso
Elaboración propia

Situación 2: Con control racional de encendido, es decir con encendido selectivo para poder encender cuatro, ocho o doce lámparas, considerando la regulación del encendido en función de la disponibilidad de luz natural. Esta propuesta exigiría adaptar la instalación eléctrica para permitir el encendido selectivo, además de la participación de los usuarios ya que disponer de sistemas de control automático para esta tarea es casi imposible de pensar en un establecimiento educacional público. Tabla 5.

Tabla 5

	Horas															
Meses	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	Pizarrón	Diario	Mensual
Marzo	396	264	132						132	264	396	396	396	340	2616	52320
Abril	396	396	264	132				132	264	396	396	396	396	300	3468	69360
Mayo	396	396	396	132	132	132	264	132	264	396	396	396	396	390	4218	84360
Junio	396	396	396	264	132	132	264	264	396	396	396	396	396	390	4614	92280
Julio	396	396	396	132	132		264	132	264	396	396	396	396	360	2056	40560
Agosto	396	396	264	132				132	264	396	396	396	396	300	3468	69360
Septiembre	396	264	132						132	264	396	396	396	240	2616	52320
Octubre	396	264							132	264	396	396	396	210	2454	49080
Noviembre	264	132								132	264	264	396	180	1632	32640
Diciembre	264	132								132	264	264	396	180	1632	16320
																kWh año
																558.00

KWh de energía usada para iluminación propuesta (LED), con control de uso
Elaboración propia

Se observa que para la situación 1, donde no se realiza ningún tipo de control en el uso de la iluminación artificial, el consumo anual asciende a 996,84 kWh, mientras que para la situación 2, que contempla un encendido racional de las lámparas, el consumo anual sería de 558 kWh. Es decir, se lograría una reducción del 44% al realizar un manejo racional y consciente de la iluminación.

Si se compara la situación del caso original de lámparas fluorescentes y sin control de encendido con consumo anual de 1054,08 kWh, tabla 3, con el caso propuesto de lámparas LED y control racional de encendido con consumo anual de 558,6 kWh, tabla 5, se observa que se puede lograr una reducción del 47% en el uso anual de energía eléctrica en cada aula de las escuelas en estudio.

Si consideramos que el resultado obtenido corresponde a la situación de una sola aula y que las nuevas escuelas prototípicas cuentan con 12 aulas, la reducción obtenida con la propuesta de un sistema de iluminación artificial más eficiente y un uso racional tiene una importancia significativa desde el punto de vista económico para el Estado y para la Sociedad, así como desde el punto de vista de la contaminación, para beneficio del Ambiente.

CONCLUSIONES

Tal como están planteados actualmente los objetivos de eficiencia energética y uso racional de la energía, se torna imperativo desarrollar estrategias y planes de intervención en los edificios construidos y guías de recomendaciones para los nuevos proyectos a fin de incorporar consideraciones sobre eficiencia de los sistemas de iluminación a fin de lograr mejorar las condiciones de confort lumínico y visual en las aulas considerando los beneficios que se pueden alcanzar teniendo en cuenta que el prototipo de escuela analizado representa el 76% de las escuelas construidas en el GSMT. Maximizar la eficiencia de los sistemas de iluminación, realizar un uso consciente y desarrollar un plan de control también permite reducir los costos de mantenimiento. El estudio permite enunciar recomendaciones y consideraciones que propician mayores niveles de confort lumínico en las aulas, como así también proponer el uso racional de la energía y mejoras para hacer más eficientes energéticamente las instalaciones de iluminación.

REFERENCIAS

- APrA (2014). Agencia de Protección Ambiental, Gobierno de Buenos Aires. Informe sobre El cambio climático <http://www.buenosaires.gob.ar/agenciaambiental/cambioclimatico/publicaciones>
- Barrett P. S., Zhang Y., Davies F. y Barrett L. C. (2015). Clever classrooms: Summary report of the HEAD Project, University of Salford, Salford. <http://usir.salford.ac.uk/35221/>
- Cisterna S., Martínez C. F., Márquez Vega S. G. (2019) “Eficiencia energética en iluminación y confort en escuelas. Recomendaciones para el uso racional de energía” Libro de actas XVII Jornadas de la Asociación Regional de Economía y Sociedad del NOA. ISBN 978-987-633-582-9. <http://www.ares-noa.com.ar/wp-content/uploads/2022/03/ARESNOA-2019-Compilacion-de-trabajos.pdf>
- CNEA, (2021). Comisión nacional de energía atómica. Síntesis del mercado eléctrico mayorista n° 251. Noviembre 2021. <https://www.cnea.gob.ar/nuclea/handle/10665/1910>
- Conway, S., Epps, K. y Pympton, P. (2000). Daylighting in Schools Improving Student Performance and Health at a Price Schools Can Afford. The American Solar Energy Society Conference. Madison, Wisconsin. Acceso 7-2016. <http://www.nrel.gov/docs/fy00osti/28049.pdf>
- Earthman, Glen I. (2002). School Facility Conditions and Student Academic. UCLA’s Institute for Democracy, Education, & Access. <https://mfc205.wikispaces.com/file/view/wws08-Earthman.pdf>
- Ledesma S., Cisterna M., Martínez C., Nota V. y otros (2014). Análisis cuali-cuantitativo de la iluminación de aulas en escuelas primarias de Tucumán. Propuestas de mejoramiento. Libro de acta XXXVII Reunión de ASADES. ISBN 978-987-29873-0-5. <https://www.researchgate.net/publication/280386465>
- Ledesma S., Cisterna M., Nota V., Martínez C. Quiñones G., Márquez G., Llabra C., Gonzalo G., Mostajo M. A., Ramos M., Villa C. (2016). Caracterización del sector edilicio educativo de nivel primario de la provincia de Tucumán y evaluación de consumos energéticos en casos de estudio. Revista AVERMA. ISSN 2314-1433 <http://asades.org.ar/publicacion/>
- Ledesma S., Nota V., Martínez C., Orio S. (2018). Evaluación y propuestas de mejoras térmicas y lumínicas para aulas de escuelas primarias de reciente construcción en Tucumán. Libro de actas X Congreso Regional de Tecnología en Arquitectura. ISBN 978-950-34-1661-7 <http://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/71336>
- Orio, S., Ledesma S.L., Nota V. (2017). Condiciones lumínicas en aulas prototípicas de escuelas de reciente construcción de la provincia de Tucumán. Evaluación y propuestas. Revista AVERMA. ISSN 2314-1433 <http://asades.org.ar/publicacion/>
- Revista Petroquímica (2018) *Para cubrir los costos energéticos, las PyMEs deben multiplicar sus ventas por 14*. <https://www.revistapetroquimica.com/para-cubrir-los-costos-energeticos-las-pymes-deben-multiplicar-sus-ventas-por-14/>

Secretaría de Gobierno de Energía (2019) *Guía del Recurso Solar*. https://www.argentina.gob.ar/sites/default/files/guia_del_recurso_solar_anexos_final.pdf