

EVALUACIÓN DE LAS CONDICIONES DE ILUMINACIÓN NATURAL Y ARTIFICIAL EXISTENTES EN EL JARDÍN MATERNO INFANTIL DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL DEL NORDESTE.

Boutet, M. L.¹; Hernández, A. L.²; Jacobo, G. J.³ Corace, J.⁴; Martina, P.⁴
Cátedra Estructuras II. Área de la Tecnología y la Producción. Facultad de Arquitectura y Urbanismo.
Universidad Nacional del Nordeste (U.N.N.E.) – Av. Las Heras 727 – 3500 Resistencia, Chaco /
Tel: +54 3722 425573/ e-mail: lauraboutet@arq.unne.edu.ar / gjjacobo@arq.unne.edu.ar
Instituto de Investigaciones en Energía No Convencional (INENCO) – CONICET
Universidad Nacional de Salta (UNSa.), Avda. Bolivia N° 5.150, CP. 4400, Salta Capital
Tel. 0387-4255424 – Fax 0387-4255389 / e-mail: alejo@unsa.edu.ar

RESUMEN: En este trabajo se presentan los resultados del monitoreo de iluminancia natural y artificial con luxómetro bajo distintas condiciones de protección solar y posterior simulación computacional con el programa ECOTECT, de los espacios principales del edificio del Jardín Materno Infantil - UNNE, Campus Resistencia. El objetivo fue analizar los posibles problemas de discomfort visual, elaborando un diagnóstico preliminar, para ser tomado como referencia en un proyecto mayor de investigación aplicada. Como resultado, se detectó que la iluminación natural no es suficiente en las aulas orientadas hacia el Noroeste y Suroeste, teniendo que complementarla con iluminación artificial, no satisfaciendo aún así los niveles de iluminación recomendados por la normativa, mientras que en los espacios orientados hacia el Noreste, es posible prescindir de la iluminación artificial durante las horas de mayor incidencia solar, con estrategias adecuadas de control de la penetración directa para evitar problemas de deslumbramiento.

Palabras clave: Energía solar, Iluminación natural y artificial, Espacio escolar

INTRODUCCIÓN

En los espacios escolares, es de fundamental importancia garantizar los niveles de iluminancia sobre el plano de trabajo y una distribución homogénea de la luz para el bienestar físico y psíquico de sus ocupantes, que promueva además un adecuado rendimiento en las actividades que se llevan a cabo en ellos. La luz y el calor normalmente van juntos, sin embargo, desde el punto de vista del diseño para las rigurosas condiciones climáticas de la Región N.E.A., se convierten en factores antagónicos, pues la búsqueda de máximas superficies vidriadas para obtener mejores vistas y mayor iluminación natural, muchas veces se contraponen con la necesidad de evitar el sobrecalentamiento del aire interior en la época estival. La energía solar es un recurso renovable y abundante en la región, que si es bien utilizado contribuiría a disminuir los consumos eléctricos en el sector educativo de la ciudad (Boutet et al., 2010). La iluminación natural es un aporte valioso no sólo en relación a la cantidad sino también a la calidad pues puede proporcionar niveles de iluminancia más elevados que los obtenidos con luz eléctrica, con un potencial de ahorro en energía de hasta un 90 % en edificios de uso diurno, como las escuelas (Adaptado de Pattini et al., 2009). Por lo expuesto, fueron **objetivos de este trabajo:**

- Evaluar las condiciones de iluminación natural y artificial del edificio del Jardín Materno Infantil de la UNNE, mediante mediciones de iluminancia y posterior contrastación con el programa de simulación “ECOTECT”.
- Analizar posibles problemas de discomfort visual, elaborando un diagnóstico del caso, como insumo de un proyecto mayor de investigación aplicada⁵, sobre el acondicionamiento higrotérmico y lumínico de edificios escolares en la ciudad de Resistencia y propuestas de mejora mediante Diseño Solar Pasivo.

PRESENTACIÓN DEL CASO DE ESTUDIO

El edificio (Fig. 1) se erige dentro del Campus Universitario de la ciudad de Resistencia, Chaco (27,45°Lat. Sur; 59,05°Long. Oeste; Alt. 52 msnm), situado en un área urbana de media densidad edilicia. Fue construido a fines de la década de 1950 y tras sucesivas refuncionalizaciones, el Jardín fue puesto en servicio el 16 de octubre de 1990. Posee una superficie cubierta total de 268 m², es de perímetro libre y se implanta a media orientación.

¹ Arq. Esp., Prof. Univ., Becaria Doctoral CONICET – UNNE (Alumna del Doctorado en Ciencias. Área Energías Renovables, Facultad de Ciencias Exactas – UNSa.)

² Dr. Lic. en Física, Prof. Univ., Investigador INENCO – UNSa. – CONICET; Director de Tesis.

³ MSc. M.Ing. Arq., Prof. Univ., Investigador FAU – UNNE; Co-director de Tesis.

⁴ Ing., Prof. Univ., Investigador, Grupo de Investigación en Energías Renovables (GIDER) – Departamento de Termodinámica - Facultad de Ingeniería – UNNE.

⁵ Tesis doctoral en desarrollo de la Arq. M. L. Boutet, que se ejecuta en el marco de un Acuerdo de Trabajo entre la FAU – UNNE y el MECCYT (Ministerio de Educación, Cultura, Ciencia y Tecnología de la Provincia del Chaco) según Resolución Ministerial N° 3357.

Su estado general de mantenimiento es bueno. Los muros son de ladrillos comunes, revocados en ambas caras, exteriormente de color blanco. Todos los locales presentan acabados de las superficies interiores de colores claros mate, cielorraso aplicado color blanco, piso de mosaicos graníticos rojos, ventanas de marcos de madera, pintados de verde claro y vidrios simples de 3 mm. Posee aberturas en sus cuatro caras de 1.35 m² cada una, con un área efectiva de vidrio de 1.30 m², excepto dos ventiluces en los locales de servicio de área menor. Las aberturas se hallan protegidas con tela metálica, cortinas internas y postigos externos. La iluminación artificial se resuelve con tubos fluorescentes comunes, distribuidos en el centro de cada espacio principal, en luminarias de 1 a 4 tubos cada una.



Figura 1: Jardín Materno Infantil, vista principal

INSTRUMENTOS UTILIZADOS

1. Para la medición de iluminancias se utilizó un Luxómetro digital MS6610 – MASTECH, con foto detector (foto diodo de silicio con filtro), que mide en rangos de: 0 ~ 1999 Lux ± 5.0%, 2000 ~ 19990 Lux ± 5.0%, 20000 ~ 50000 Lux ± 5.0%. Calibrado de fábrica con una luz de Tungsteno de 2854°K. Temperatura de operación: 18° a 28°, HR: 80%. El mismo fue proveído por el Ing. J. Corace (GIDER – FI – UNNE).
2. Para las simulaciones se utilizó el programa ECOTECT v5.20 Marsh A. J. (2003), gestionado por el Arq. G. Jacobo (FAU – UNNE) con licencia de uso académico y su actualización 2011.

METODOLOGÍA DE MONITOREO

Las mediciones de iluminancia se efectuaron paralelamente al monitoreo de temperaturas y humedad relativa interior, que se describe en otro trabajo (Boutet et al., 2010). La campaña de medición se extendió desde el 28 de mayo hasta el 8 de junio de 2010. Para la sistematización del monitoreo de iluminancias se tomó como referencia la propuesta metodológica de Pattini A. et al. (2004), consistente en cuatro aspectos fundamentales: a) Observación objetiva en terreno, b) Encuestas a los usuarios, c) Mediciones y d) Contrastación mediante herramienta informática.

A. Observación objetiva en terreno. Antes de iniciar la experiencia de monitoreo, se realizó el relevamiento físico sensible del edificio mediante visitas in situ, para la actualización de los planos técnicos que fueron proporcionados por la Dirección de Proyectos del Campus – UNNE y el registro fotográfico en diferentes días y horarios, para el estudio de sombras.

B. Encuestas a los usuarios. Se efectuó una entrevista a la Directora del Jardín y encuestas a los docentes, con el objeto de determinar el grado de satisfacción de los usuarios en lo que respecta a las condiciones lumínicas del edificio y su apreciación sobre el bienestar visual de los niños.

C. Mediciones. El protocolo de monitoreo consistió en la colección de datos a través de mediciones con el luxómetro digital y observaciones simultáneas. Se consideraron los lugares donde se realizan tareas visuales y el plano horizontal principal de las mismas a 0.60 m de altura para los niños, la disposición de los puntos de luz artificial y de las aberturas. Se determinó la cantidad de puntos de medición, calculando el índice de cada local que coincidió en 0.5, resultando en un mínimo de 9 puntos, en una distribución simétrica, separados de los muros entre 1m y 1.20 m. (Fig. 2)

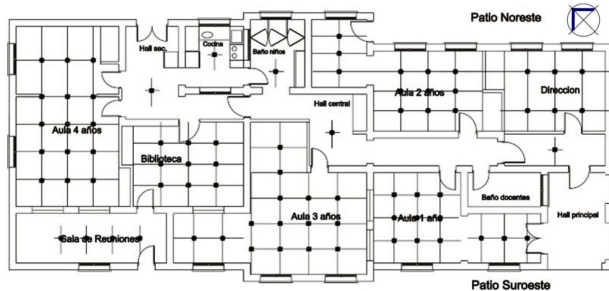


Figura 2. Esquema de distribución de puntos de medición.

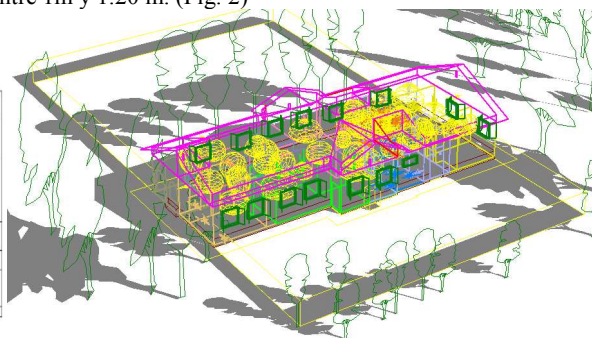


Fig. 3. Modelo geométrico elaborado mediante Ecotect.

Se midió el nivel de iluminación natural, natural y artificial simultáneamente y artificial, en distintas horas del día y bajo diferentes condiciones de protección de las aberturas y disponibilidad del recurso solar (cielo despejado y cielo nublado). Para la colección de datos se colocó el sensor paralelo a la superficie a ser medida, previniendo sombras sobre el mismo en el momento de la medición y evitando su exposición a fuentes altamente luminosas (sol directo). En el caso de la iluminación natural, se realizaron las mediciones en el menor tiempo posible, a fin de eludir la introducción errores relacionados con el cambio de disponibilidad de la luz temporal. Luego se procesaron los datos en una planilla electrónica graficándolos para su análisis y **contrastación (D)** mediante el programa informático Ecotect.

METODOLOGÍA DE MODELIZACIÓN CON ECOTECT

Se realizó la configuración geométrica del simulador lumínico (Fig. 3), incluyendo los dispositivos de protección solar (postigos), la vegetación existente, los artefactos eléctricos y las luminarias de cada zona, estableciendo sus características energéticas. Se utilizó el archivo de clima editado previamente para la ciudad de Resistencia (Boutet et al., 2010), con variables colectadas durante el período de monitoreo, incluyendo radiación solar global, directa y difusa.

Se asignaron valores de reflectancia a los acabados interiores y exteriores según su color y material, reproduciendo valores semejantes a los relevados in situ.

Ecotect provee diferentes metodologías para el cálculo de iluminación de un espacio dado. Los niveles de iluminación natural calculados por el software son independientes del tiempo, representan las condiciones de diseño más desfavorables basadas en un cielo medio o un cielo de distribución uniforme a mitad del invierno. Los cálculos se basan en el BRE Split Flux Method (UK Building Research Establishment), que utiliza los factores de luz día y los valores de iluminancia del cielo de diseño de una localidad particular para determinar los niveles de iluminación natural en el modelo.

Especificaciones previas. El cálculo se puede desplegar mediante una “grilla de análisis” o mediante “puntos”. Se eligió el método de la “grilla de análisis” la cual se configuró zona por zona, a la altura del plano de trabajo de los niños (0.60 m), en forma similar al esquema de mediciones (Fig. 2), aunque con mayores puntos de medición a fin de visualizar en forma detallada la distribución espacial de la luz. Una vez ajustada la grilla al modelo, se desarrolló el cálculo, en dos instancias:

1. **Niveles de Iluminación Natural:** se calcularon los niveles de iluminación natural dentro de cada recinto y los factores de luz día, utilizando las componentes de cielo interna y externamente reflejadas e iluminancia del cielo de diseño.
2. **Niveles de Iluminación Artificial:** considerando la contribución de las luminarias especificadas en el modelo.

1. NIVELES DE ILUMINACIÓN NATURAL

1.1. Iluminancia del cielo de diseño. Los valores del cielo de diseño, derivados de un análisis estadístico, pueden ser ingresados para cada localidad, pero si no se los conoce, Ecotect los calcula a partir de dos métodos: a) Aplicando la fórmula de Tregenza (1986); b) Aplicando la latitud establecida para el modelo, siendo este último el método seleccionado, resultando en un valor de 10.000 lux para la ciudad de Resistencia (Fig. 4).

1.2. Modelo de distribución de Luminancia del Cielo. Se estableció en CIE *Overcast Sky Condition (condición de cielo medio)*. La contribución de cada haz de luz es moderada por su altitud y los objetos que toca en su trayectoria, como por la transparencia de los vidrios asignados para cada ventana que atraviesa. El diagrama estereográfico realizado con Ecotect para el día 02 de junio a las 12 hs. (Fig. 5), muestra los puntos espaciados que representan 0.5% de la iluminancia natural. Se aprecia una mayor densidad de puntos en el cenit, lo que significa que la iluminancia desde el cenit es tres veces la iluminancia desde el horizonte y se observan los puntos que son obstruidos por elementos del modelo.

1.3. Nivel de claridad de las ventanas. Se estableció en un valor promedio (0.90), según su limpieza relativa.

1.4. Área promedio de ventana del recinto. Este ítem fue activado para que se realice el cálculo de las reflexiones internas dependiendo del área de ventana en relación al área general en cada espacio.

1.5. Precisión. Se seleccionó el modo de mayor precisión, para considerar la transparencia e índice de refracción del vidriado de ventana y las reflectancias actuales de las obstrucciones externas en lugar de los valores estándar.

2. NIVELES DE ILUMINACIÓN ARTIFICIAL

Ecotect utiliza el método “punto por punto” para determinar los niveles de iluminación artificial dentro de un recinto. Éste calcula simplemente la suma de las contribuciones de todas las fuentes de luz actualmente visibles desde cada punto de medición. Cada luminaria tiene una distribución de salida establecida como propiedad del objeto. El perfil de salida puede verse en el editor 3D (Fig. 3) y está basado en el nivel de iluminación establecido como condición de confort para la zona (300 lux promedio). En la pantalla de la distribución polar de salida de la luminaria seleccionada pueden editarse los valores angulares que representan el nivel (0 a 1) en cada dirección relativa, que moderan la salida en candela dada en las propiedades del objeto. La contribución de luz difusa no es considerada en este método.

RESULTADOS DEL MONITOREO

A. Observación objetiva en terreno. Durante el monitoreo se observó que los espacios orientados al Noreste reciben luz solar directa entre las 10:00 y las 14:00 h y al Noroeste entre las 16:00 y 17:30 h, incidiendo profundamente y bañando la mayor parte del plano de trabajo. Mientras que los espacios orientados al Suroeste, solo reciben el aporte de la componente difusa. La incidencia de luz directa, es subsanada rápidamente por los ocupantes mediante el bloqueo parcial con postigos de madera exteriores en determinados horarios, sin afectar la calidad de la iluminación. Pero en los horarios más desfavorables, la solución es cerrar completamente los postigos, perdiendo así la posibilidad de iluminación natural. Las aulas de 2 y 4 años poseen paredes de colores claros, verde y amarillo, con mayor reflectividad, mientras las aulas de 1 y 3 años, colores celeste y rosa, más absorbentes, además de cortinas internas opacas que terminan obstruyendo la iluminación natural difusa, generando condiciones de iluminación más desfavorables y por consiguiente, debiendo utilizar luz artificial aún en días de pleno sol. Aclarando los colores de los paramentos internos, se permitiría una mayor reflexión de la luz tanto natural como artificial. Asimismo, es necesario contemplar un diseño más adecuado de los dispositivos de oscurecimiento, que controlen la incidencia de luz directa y la reorienten hacia los espacios poco iluminados para una distribución uniforme sobre el plano de trabajo.

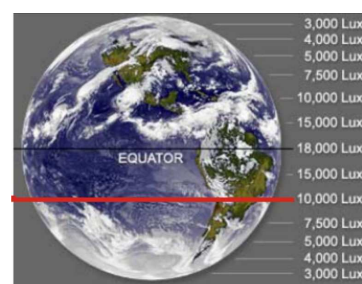


Fig. 4. Distribución de iluminancia del cielo.

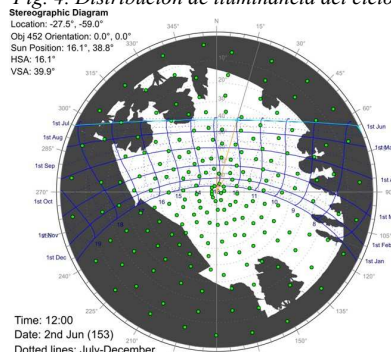


Fig. 5. Diagrama estereográfico elaborado con Ecotect para el modelo del Jardín.

B. Encuestas a los usuarios. De los 12 docentes que respondieron las encuestas, 9 consideran que la iluminación natural en días de cielo claro no es suficiente y es necesario complementarla con iluminación artificial. Por otra parte, los docentes del aula de 2 años turno mañana, detectaron molestias visuales en los niños, provocadas por la incidencia directa del sol, también la Directora manifestó sentir molestias sobre el plano de trabajo al mediodía (Fig. 6). Paralelamente, los docentes del aula de 4 años no detectaron ningún tipo de molestias, los del aula de 3 años señalaron molestias por deficiencia de la iluminación artificial, al igual que un docente de la sala de 2. Los docentes del aula de 1 año no señalaron molestias visuales de ningún tipo y ningún docente manifestó molestias por exceso de iluminación artificial (Fig. 7).

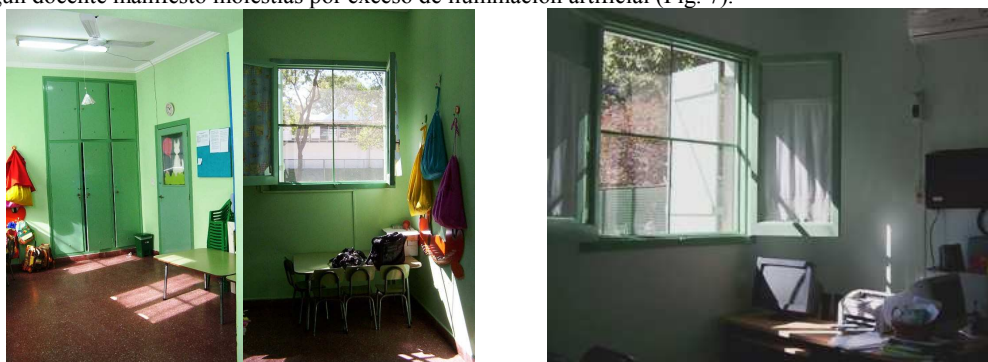


Fig. 6. Izquierda. Fotos espacios orientación Noreste. Aula de 2 años. 11:00 h - Derecha. Dirección. Incidencia solar directa sobre el plano de trabajo al mediodía.



Fig. 7. Izquierda. Aula de 4 años. Noroeste 16:00 h - Derecha. Aulas de 3 y 1 año. Incidencia solar difusa.

C. Mediciones. Si bien se efectuaron las mediciones en todo el edificio, se procesan a continuación las correspondientes a los locales principales: las cuatro aulas y la Dirección. En la Tabla 1 se muestra fecha, hora y condiciones para cada registro, con los promedios de iluminancia calculados en base a los datos tomados “punto por punto”.

ILUMINANCIAS PROMEDIO MEDIDAS (LUX)					
Fecha / Hora / Condiciones de medición	Aula 4	Aula 3	Aula 2	Aula 1	Dirección
31/05/10 - 8:00 h. Iluminación natural y artificial con disposición normal de aberturas y dispositivos de oscurecimiento (una hoja abierta y otra cerrada)	167	74	180	86	130
31/05/10 - 12:00 h. Iluminación natural con disposición normal de aberturas y dispositivos de oscurecimiento.	41	41	445	45	372
31/05/10 - 20:00 h. Iluminación artificial con todas las luces encendidas.	127	74	152	107	186
01/06/10 - 12:00 h. Iluminación natural y artificial. Con ventanas y postigos abiertos	291	108.5	1649	128	1103
02/06/10 - 12:00 h. Iluminación natural con todas las ventanas y postigos abiertos.	134	44	795	46	464
02/06/10 - 16:00 h. Iluminación natural con ventanas abiertas. Tiempo parcialmente nublado.	87	16	98	17	25.5
03/06/10 - 9:30 h. Iluminación natural con ventanas abiertas.	36	26	47	10	40
07/06/10 - 12:00 h. Iluminación natural con ventanas abiertas.	52.5	32	523	40	123

Tabla 1. Resumen de mediciones de iluminación natural y artificial.

Los mayores valores registrados corresponden a la iluminación natural y artificial simultánea con ventanas y postigos abiertos (01/06 – 12:00 h Fig.8.a), estando en mejores condiciones el aula 2 con 1649 lux y la dirección con 1103 lux, superando ampliamente los 500 lux aconsejados por la Normativa, mientras que las demás aulas no alcanzan a satisfacer los valores mínimos en condición de iluminación difusa. La situación es aún más desfavorable cuando se cierra una de las aberturas de cada sala, resultando en valores muy inferiores de iluminancia (Fig. 8.b). Esto sugiere la inmediata necesidad de implementar estrategias de diseño que permitan una mayor ganancia de iluminación natural en las aulas o el recambio de las luminarias por otras más eficientes, ya que por sí mismas tampoco cumplen con los valores admitidos (Fig. 8.c). En cuanto a las mediciones de iluminación natural los mayores valores se aprecian en condiciones de medición con ventanas y postigos totalmente abiertos (02/06 – 12:00 h Fig. 9.e), superando el aula 2 el valor mínimo recomendado con 795 lux, mientras que la Dirección registra 464 lux. Aún cerrando los postigos de una ventana (Fig.9.f), el aula 2 registra 445 lux y la dirección 372 lux. Por otra parte, el aula 4 (134 lux), el aula 3 (44 lux) y el aula 1 (46 lux), no logran por sí mismas satisfacer los valores recomendados. De la misma manera en un día parcialmente nublado (Fig.9.g), incluso los locales orientados al Noreste, caen muy por debajo de la mínima admitida.

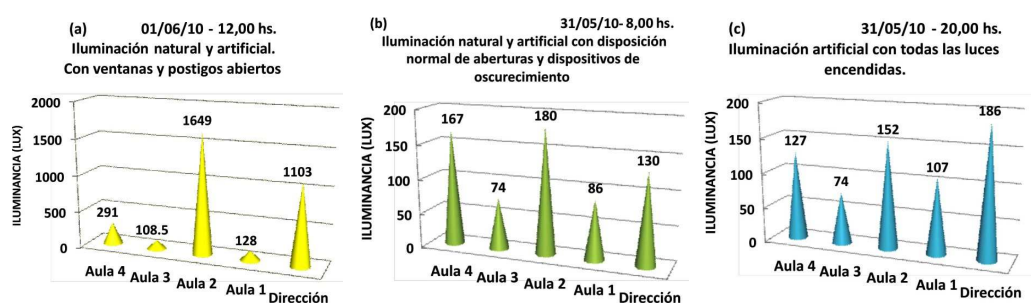


Fig. 8 Iluminancias Promedio Medidas en condiciones de iluminación natural y artificial simultaneas (a y b) y artificial (c)

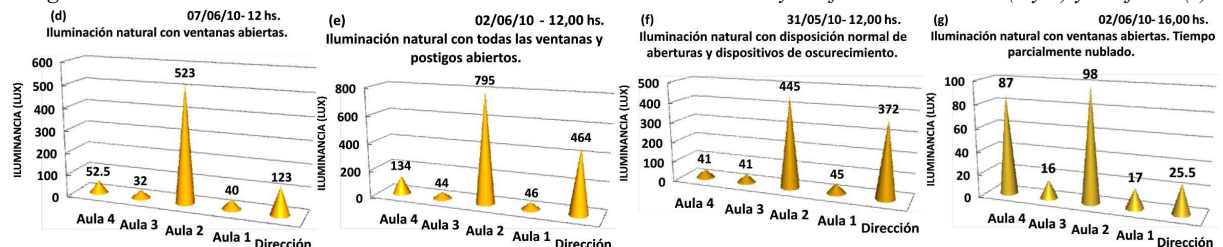


Fig. 9 Iluminancias Promedio Medidas en condiciones de Iluminación Natural.

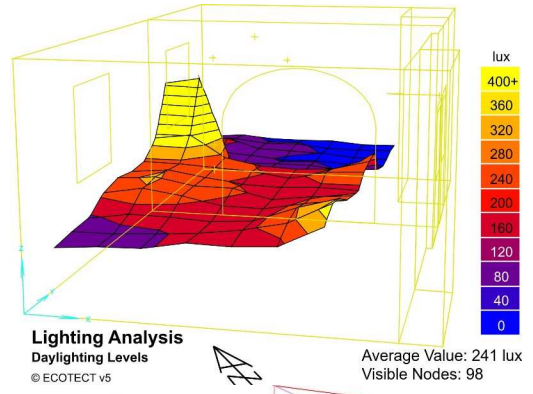
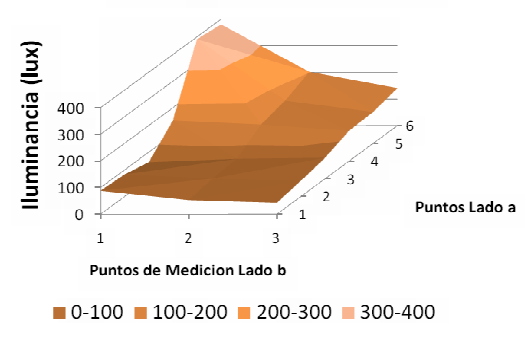
Las diferencias de niveles de iluminación natural detectadas entre las aulas, se explican no sólo por la orientación de los espacios sino también por la relación de área vidriada por área de piso y área de fachada. El aula de 2 años posee mayor relación área vidriada / área de piso (16 %) y de área vidriada por área de fachada (11%) que las demás aulas. Seguidamente se encuentra el aula de 1 año con 12% y 6% respectivamente, el aula de 3 años con 11% y 9% y por último el aula de 4 años con 7% y 9%. La Normativa recomienda como máximo: 18% en locales con orientación al Este u Oeste y 25% en locales con orientación al Norte o Sur. Al estar los locales a media orientación no alcanzan el máximo permitido, pero por ejemplo en el aula de 4 años de 35 m², con ventanas al Noroeste, el 7% resulta insuficiente para alcanzar una iluminación óptima.

COMPARACION DE VALORES MEDIDOS Y SIMULADOS

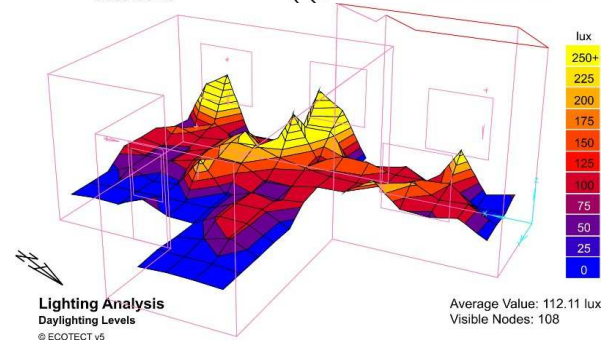
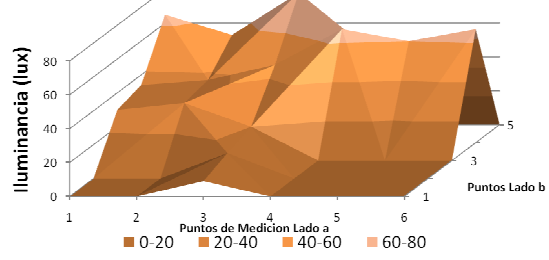
Para contrastar los valores medidos con los simulados mediante el programa Ecotect, de todos los días monitoreados, se eligieron las mediciones de iluminación natural con ventanas y postigos abiertos efectuadas el día 02 de junio a las 12:00 h, por ser las más representativas del conjunto y las mediciones de iluminación artificial efectuadas el día 31 de mayo a las 20:00 h. A pesar de que Ecotect considera el día de invierno más desfavorable, esta particularidad no impidió un buen ajuste de los resultados para el día elegido, pues las mediciones se efectuaron con cielo parcialmente nublado y al mediodía, momento en que predomina la componente difusa. Así se pudieron comparar de manera precisa los valores medidos con los simulados. En los gráficos siguientes (Figs. 10 y 11) se muestra a la izquierda los datos medidos y a la derecha los datos simulados con Ecotect de acuerdo al BRE Split Flux Method.

1. RESULTADOS ILUMINACION NATURAL

AULA 4. Perfil de iluminacion natural. Dia parcialmente nublado 02/06/10 - 12,00 hs. (ventanas abiertas)



AULA 3. Perfil de iluminacion natural. Dia parcialmente nublado 02/06/10 - 12,00 hs. (ventanas abiertas)



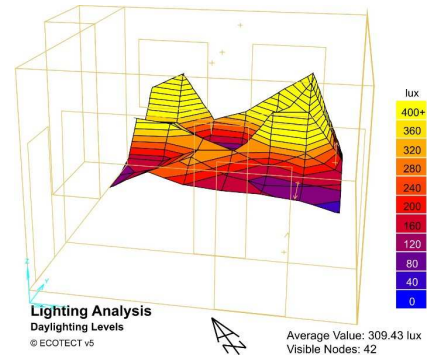
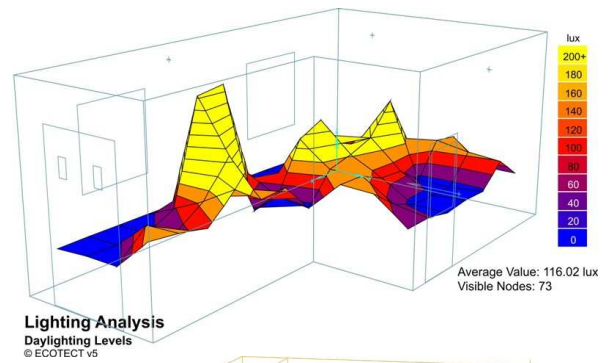
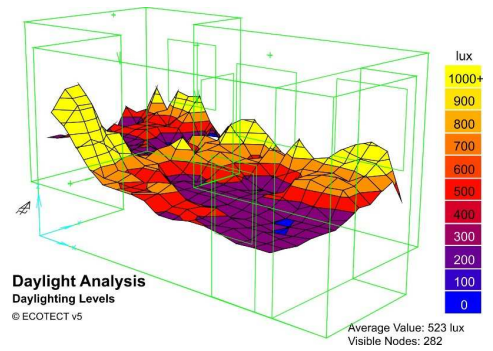
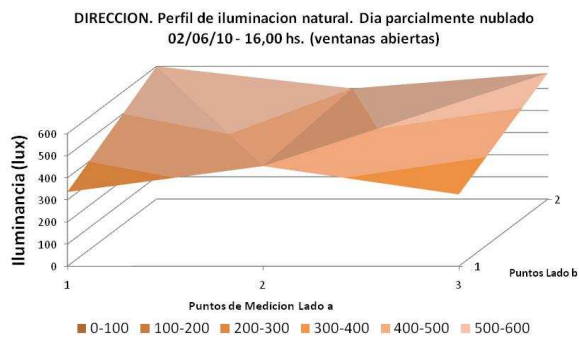
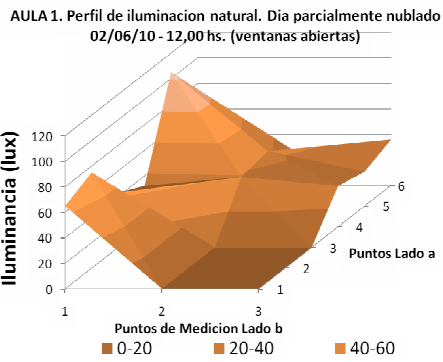
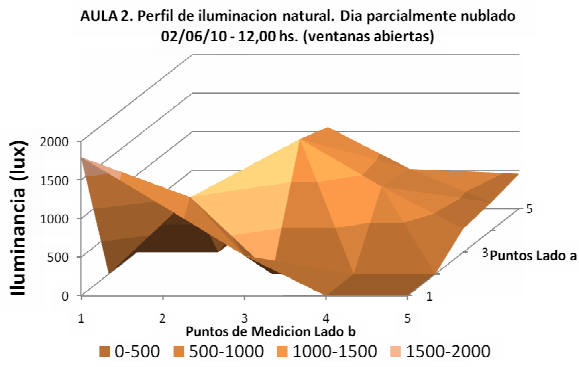
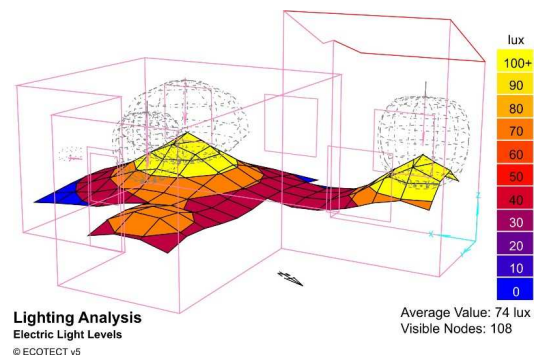
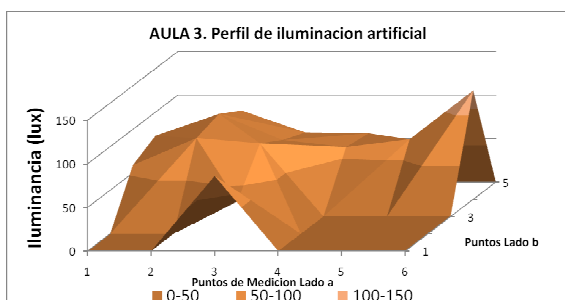
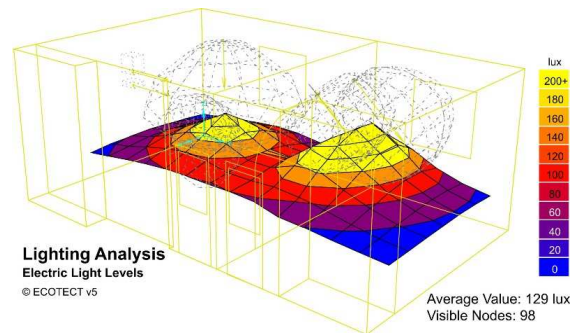
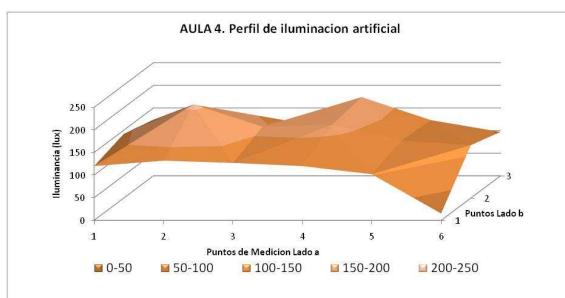


Figura 10: Comparación de niveles de iluminación natural medidos (izq.) y simulados (der)

2. RESULTADOS ILUMINACION ARTIFICIAL



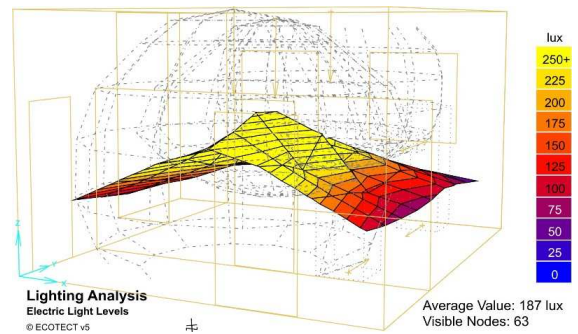
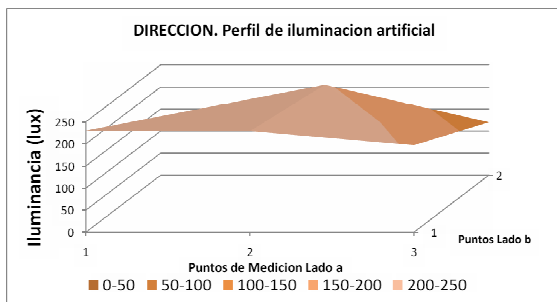
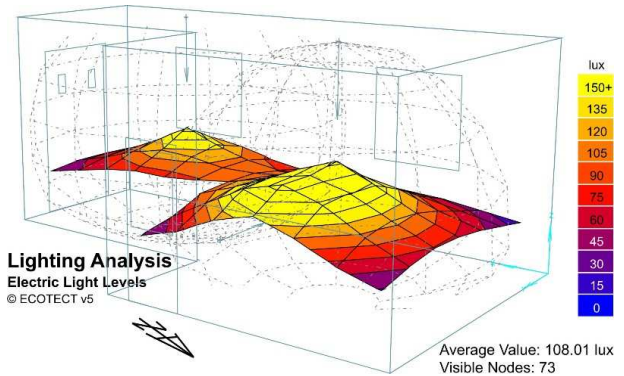
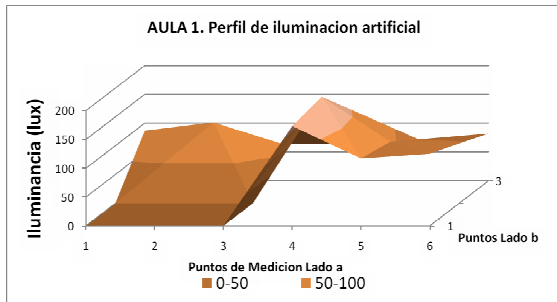
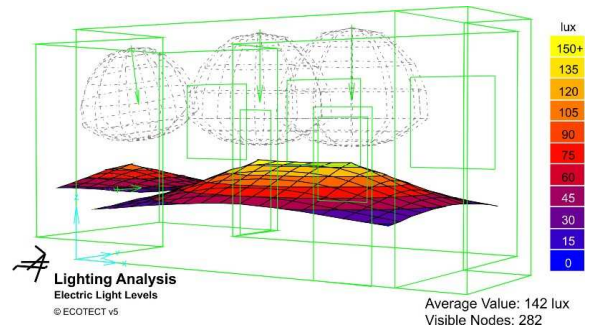
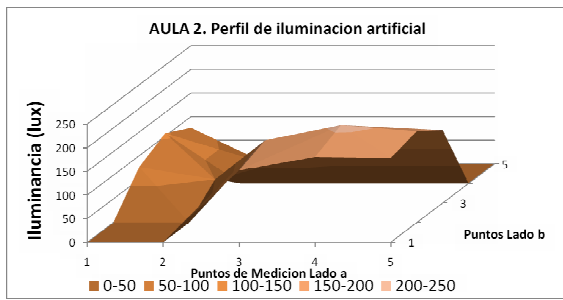


Figura 11: Comparación de niveles de iluminación artificial medidos (izq.) y simulados (der)

Comparando los valores de iluminancia natural promedio calculados a partir de las mediciones in situ y de las simulaciones, se observa en el gráfico de regresión lineal, un 94% de ajuste (Fig.12). De la misma manera para iluminancia artificial promedio, se aprecia un 99 % de ajuste (Fig.13), lo cual indica que es factible la aplicación del programa Ecotect para la estimación de los niveles de iluminación en el interior de los locales, y en consecuencia para el cálculo del coeficiente de luz día (CLD), a partir de los datos de irradiación solar locales, para casos particulares de análisis con predominancia de luz difusa.

NIVELES DE ILUMINACION NATURAL		
LOCALES PRINCIPALES	Promedios Iluminancias medidas (lux)	Promedios Iluminancias simuladas (lux)
AULA 4	134	241
AULA 3	44	112
AULA 2	795	523
AULA 1	46	116
DIRECCION	464	309

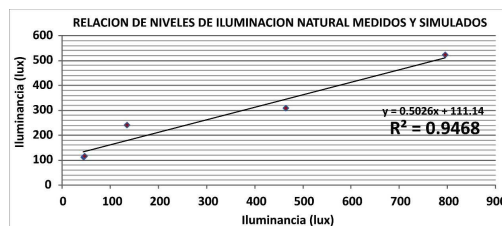


Fig.12 Niveles de iluminación natural. Correlación de promedios medidos y simulados

NIVELES DE ILUMINACION ARTIFICIAL		
LOCALES PRINCIPALES	Promedios Iluminancias medidas (lux)	Promedios Iluminancias simuladas (lux)
AULA 4	127	129
AULA 3	74	74
AULA 2	140	142
AULA 1	107	108
DIRECCION	186	187

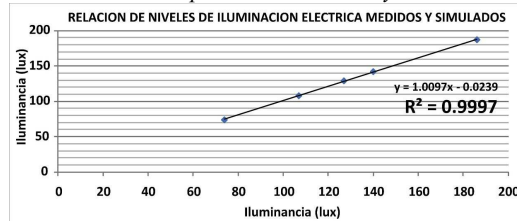


Fig.13 Niveles de iluminación artificial. Correlación de promedios medidos y simulados

Considerando la Normativa IRAM - AADL J 20-02 y J 20-03, el coeficiente de luz diurna mínimo recomendado para aulas comunes es de 2%. Según los resultados arrojados por el programa Ecotect a partir del valor promedio de iluminancia exterior de 10.000 lux, el aula 2 superaría ampliamente el límite inferior, con 5.23 % estando en excelentes condiciones,

la Dirección (3.09 %) y el aula de 4 años (2.41 %) también cumplen el requisito. Sin embargo las aulas de 1 y 3 años presentan valores muy bajos 1.16% y 1.12% respectivamente, lo cual exige complementar la iluminación natural con la artificial durante todo el día, mientras que en las primeras, es posible prescindir de la iluminación artificial durante determinadas horas. Es importante señalar que el análisis, se basó en los valores promedio de iluminancia por local. Pero si se observa las imágenes, la distribución de la luz no es uniforme. Se aprecia que en todas las aulas se cumple el mínimo indicado pero sólo en los sectores próximos a las ventanas, mientras que quedan sectores prácticamente sin iluminación natural o con niveles sumamente bajos (Fig. 10). En cuanto a la iluminación artificial, su distribución es más homogénea, pero concentrándose en los puntos de luz (Fig. 11). Por otra parte, el diseño e instalación de la iluminación artificial nocturna, como la artificial complementaria deben cumplir la Norma IRAM AADL J 20-05. Los promedios de iluminancia artificial, no alcanzan el nivel de 500 lux recomendado en ninguno de los espacios analizados, lo que ratifica lo manifestado por los docentes en las encuestas.

CONCLUSIONES

En este trabajo se presentaron los resultados obtenidos durante una campaña de monitoreo de iluminación natural y artificial de los locales principales del Jardín Materno Infantil de la UNNE. El monitoreo comprendió siete series de mediciones bajo distintas condiciones de protección de las aberturas y bajo cielo claro y nublado. Se contrastaron los resultados de mediciones de iluminación natural y artificial para un día representativo (predominancia de luz difusa) con simulaciones realizadas en Ecotect. Comparando los valores de iluminancia natural promedio calculados a partir de los valores medidos y simulados, se obtuvo un ajuste del 94 % para iluminación natural y 99% para iluminación artificial representado por los coeficientes de correlación R^2 calculados. Considerando este caso particular, el programa Ecotect podría implementarse para evaluar las condiciones de iluminación de prototipos escolares desde la etapa de diseño conceptual, con la posibilidad de interactuar con otros programas como Desktop Radiance o Lightscape, para cálculos de mayor precisión.

Los resultados objetivos de mediciones realizadas y contrastadas con el programa informático Ecotect, ratificaron los resultados subjetivos arrojados por las encuestas a los docentes. Se comprobó que la iluminación natural en las aulas orientadas al Noroeste (4) y Suroeste (1 y 3) no alcanzan a satisfacer el requerimiento de iluminación para aulas comunes de 500 lux, sólo con iluminación natural, y tampoco complementando ésta con iluminación artificial. Por otra parte en el aula Noreste (2), podría conseguirse un gran ahorro energético, si se aprovechara la iluminación natural en las horas de sol, sin necesidad de iluminación artificial, previendo estrategias adecuadas para evitar la incidencia directa.

Los resultados logrados en este trabajo nos sitúan frente a un desafío importante ante a dos situaciones que se deben resolver: utilización de luz eléctrica permanente sin que ésta aporte la energía luminosa necesaria y en el otro extremo, aulas con adecuada superficie de ventanas, donde se debe bloquear la luz que ingresa para evitar los deslumbramientos provocados por los rayos directos del sol.

En un clima soleado como el de la Región N.E.A., deben considerarse el diseño y cálculo de superficies vidriadas, contemplando estrategias de control del sol incidente sobre ellas, basadas en la geometría solar, la ubicación, medidas, forma y orientación en relación a la planta de los locales que permitan la penetración de la luz diurna, disminuyendo los potenciales deslumbramientos y asegurando valores altos de iluminancia, que limiten la necesidad de iluminación artificial.

Respondiendo a los patrones dinámicos horarios y estacionales de la luz natural regional, considerando distribución, cantidad y calidad de iluminación natural y artificial en relación con las características lumínicas y ópticas de los materiales de la envolvente arquitectónica, se generará un espacio de enseñanza-aprendizaje sustentable y apropiado a las exigencias de sus usuarios.

REFERENCIAS Y BIBLIOGRAFÍA

- Boutet, M. L. et al. (2010). Monitoreo higrotérmico del Jardín Materno Infantil de la UNNE y simulación mediante Ecotect, en condiciones reales de uso. Artículo presentado para ser publicado en la revista AVERMA.
- Marsh A. J. (2003). ECOTECT Tutorials. Square One research PTY LTD.
- Pattini, A. et al. (2004) Determinación de estándares de bienestar habitacional para mejorar la calidad de construcción de viviendas en Chile. Protocolo de monitoreo del factor de iluminación natural de edificios residenciales. LAHV - INCIHUSA - CRICYT CONICET. Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente. Vol. 8, Nº 1, ISSN 0329-5184.
- Pattini, A. et al. (2009) Eficiencia lumínica de dispositivos de control de la luz solar en escuelas solares de la provincia de Mendoza, Argentina. I Seminario Aluminado Urbano Sustentable y Energéticamente Eficiente. Asociación Argentina de Luminotecnia - Regional Cuyo.
- Tregenza, P.R. (1986), Measured and Calculated Frequency Distributions of Daylight Illuminance, Lighting Research and Technology 18 (2) 71-74 <http://eande.lbl.gov/Task21/BRE-ETSU/intro.html>.

ABSTRACT: The results of natural and artificial lighting monitoring with luxmeter under different sun protection conditions and subsequent computer simulation with the program Ecotect, of the main spaces of Jardín Materno Infantil – UNNE building, Campus Resistencia are presented in this work. The objective was to analyze possible visual discomfort problems, making a preliminary diagnosis, to be taken as a reference in a larger project of applied research. As a result, it was found that natural lighting in classrooms geared towards the Northwest and Southwest is not enough, having to complement it with artificial lighting, even not satisfying the illumination levels recommended by the norm, while in rooms geared towards Northeast, it is possible to dispense with artificial lighting during highest solar incidence hours, with appropriate control strategies of the direct penetration in order to avoid glare problems.

Keywords: Solar energy, Natural and artificial lighting, School space