



## Evaluación y percepción de la iluminación natural en aulas de preescolar, Región de los Lagos, Chile.

### Evaluation and Perception of Natural Lighting in Pre-School Classrooms, Los Lagos Region, Chile



María José Pagliero Caro y María Beatriz Piderit Moreno

**RESUMEN:** La luz natural influye positivamente en el desarrollo de los niños, por ello se busca evaluar la iluminación natural en establecimientos preescolares de la JUNJI (Junta Nacional de Jardines Infantiles, Chile), para reconocer su importancia y así mejorarla arquitectura pre-escolar. Se realizó un análisis lumínico comparativo de aulas de dos jardines infantiles, evaluando su cumplimiento de estándares de iluminación escolar base. Para esto, se realizó un análisis espacial con fotografías de alto rango dinámico para evaluar deslumbramiento y contraste. Además, se realizó un análisis de asoleamiento para solsticios y equinoccios; y simulaciones digitales para predecir comportamiento lumínico anual. Se comprobó la relevancia de la orientación en aulas de jardines infantiles: siendo la mejor, la Noreste. Asimismo, se sugirió un rango de iluminancia más permisivo que el utilizado en espacios de educación tradicional. Finalmente se analizó el comportamiento de niños a través de encuestas de percepción a educadoras.

**PALABRAS CLAVE:** Luz natural, Confort visual infantiles, Percepción de la luz, Arquitectura pre-escolar.

**ABSTRACT:** Natural light has a positive influence on child development, which is why the preschool establishments of the JUNJI (national meeting of kindergartens, Chile) seek to evaluate their natural lighting to recognize its importance and thereby improve preschool architecture. A comparative light analysis was carried out between rooms in two different preschool establishments, evaluating their compliance with baseline school lighting standards. To do this, a spatial analysis was done with dynamic high range photos to evaluate glare and contrast. In addition, a sun analysis for solstices and equinoxes was done; along with digital simulations to predict annual lighting behavior. The relevance of preschool room orientations was demonstrated; with the best option, being Northeasterly. At the same time, a range of lighting wider than that usually applied in traditional education space was suggested. Finally, child behavior was analyzed through educator perception surveys.

**KEYWORDS:** Natural light, Children's visual comfort, Light perception, Preschool architecture

RECIBIDO: 5 abril de 2017 APROBADO: 2 noviembre de 2017

## Introducción

Numerosos estudios han concluido que la luz natural está directamente relacionada con los ciclos naturales de los seres humanos; el ciclo circadiano, quedando 24 horas y regula los momentos de vigilia y descanso. Éste, es especialmente importante en niños, ya que ellos son aún más sensibles a sus cambios y variaciones [1]. El ciclo circadiano regula la hormona del estrés llamada cortisol y la melatonina, las cuales se asocian con la presencia de la luz del día, llegando a mayores niveles en la noche en reacción a la oscuridad, alcanzando su nivel máximo a media noche, y disminuyendo en la mañana. Estas hormonas se sintetizan e inhiben por la luz solar. En humanos, variaciones en los niveles de melatonina están relacionados con alteraciones del sueño, depresión psicológica, alteraciones metabólicas, regulación del peso corporal, déficit de atención, hiperactividad [2].

El aprovechamiento de la luz solar logra espacios más confortables y relacionados con el medio ambiente, además es una estrategia pasiva que permite ahorrar luz artificial. Es necesario hacer un buen uso de este recurso con el fin de evitar deslumbramientos, malos contrastes u otros que puedan afectar la vista y el confort. El uso de la luz natural facilita el confort visual, evita la tensión ocular y dolores de cabeza y estimula al niño al descubrimiento a través de la percepción [1]. La Agencia Chilena de Eficiencia Energética señala también, que además de que la luz natural otorga el espectro de luz visible completo, contribuye positivamente al proceso de aprendizaje; siendo importante las vistas hacia el exterior, ya que proporcionan contacto con el entorno y relajan la visión al mirar hacia lo lejano, lo cual permite cambios de distancia focal del ojo, que favorece su bienestar.

La luz natural es una fuente gratuita que puede otorgar un alto nivel de confortabilidad en el aula y autonomía energética de los requerimientos de luz artificial. Además de proporcionar una buena calidad de luz para las diferentes tareas visuales que se desarrollan, pues realza el color y la apariencia de los objetos [1].

### Influencia de la luz natural en los niños

La luz natural influye en el desarrollo de los niños en diferentes etapas. El aprendizaje y el desarrollo se pueden clasificar en tres etapas diferentes, desarrollo físico, cognitivo y socio-emocional. El desarrollo físico incluye las habilidades motoras y los problemas que están relacionados con la salud; el desarrollo cognitivo define como trabajan la forma y los procesos psicológicos en la mente las personas; y el desarrollo socio-emocional indica la evolución de las relaciones de las personas, sus conceptos de sí mismos y sus emociones. Sin duda, el entorno físico afecta en gran medida los resultados de desarrollo, que tienden a englobar los logros académicos, cognitivos, sociales y desarrollos emocionales [3].

En recién nacidos la luz está asociada a tratamientos de fototerapia, para tratar por ejemplo, la ictericia. Los bebés son observadores activos, se concentran en el descubrimiento, en adquirir conocimientos, reconocer y distinguir las diferencias de los objetos dentro de su entorno. Además, la luz natural es la encargada de activar la absorción de vitamina D; su deficiencia puede causar raquitismo, deformidades óseas y fracturas, debilidad muscular, atrasos en el desarrollo, baja estatura, dificultad respiratoria, tétanos y falla cardíaca [4].

En niños en edad escolar, se han realizado estudios en escuelas, que han demostrado la importancia de la luz natural; se estudiaron aulas con y sin

- [1] Agencia Chilena Eficiencia Energética. Guía de Eficiencia Energética para Establecimientos Educacionales, 2012. Santiago (Chile): Achee; 2012.
- [2] Sánchez Castello I. Efecto de la luz nocturna sobre la gestación y el sistema reproductor de la descendencia. [Internet]. Oviedo (España): Repositorio Institucional Universidad de Oviedo; 2014. [consultado: 16 agosto 2016]. Disponible en: <http://digibuo.uniovi.es/dspace/bitstream/10651/27709/6/Isabel%20M%20.pdf>.
- [3] Yacan SD. Impacts of Daylighting on Preschool students' social and cognitive skills. Master Tesis. Nebraska (EE.UU.): Universidad de Nebraska, Science, Faculty of the Graduate College at the University of Nebraska [Internet]. 2014 [consultado: 14 septiembre 2016]. Disponible en: [http://digitalcommons.unl.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=1010&context=arch\\_id\\_theses](http://digitalcommons.unl.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=1010&context=arch_id_theses).
- [4] Mojab CG. Deficiencia de luz Solar y Lactancia. Nuevo Comienzo [Internet]. 2004 [consultado: 3 noviembre 2016]; 16(1):[1-1]. Disponible en: [http://www.lli.org/lang/espanol/ncvol16\\_1\\_04.html](http://www.lli.org/lang/espanol/ncvol16_1_04.html).

ventanas para todo un año académico, concluyéndose que el trabajo en las aulas sin ventanas afectan el patrón básico de la hormona cortisol y por lo tanto podría tener un efecto negativo sobre la salud y la concentración de los niños [3].

Otros estudios indican que la luz día aplicada al diseño de iluminación en aulas favorece el rendimiento y el confort de sus ocupantes. En pruebas estandarizadas se comprobó que los estudiantes ubicados en aulas con mayor cantidad de luz natural rinden entre un 20 y un 26% más en relación a aquellos ubicados en aulas con menor cantidad de luz natural [5]. Años antes, se había concluido un rendimiento de un 14% superior en aulas con luz natural versus luz artificial. [6]. Nicklas & Bailey afirmaron que la iluminación natural en las aulas podría conectar a los estudiantes con la naturaleza para promover directamente el estado anímico de los niños y maestros [6].

Yacan se planteó la hipótesis de que existían asociaciones entre las habilidades cognitivas de los estudiantes y las condiciones de luz natural de aulas en los centros de primera infancia. Los resultados revelaron que hay una relación significativa entre la evolución cognitiva de los niños y las condiciones de luz diurna en aulas preescolares y que las habilidades cognitivas de los estudiantes en los salones con luz natural estaban más desarrolladas que las de los alumnos en las aulas sin luz natural. [3] La Tabla 1 muestra un resumen de los efectos que la luz natural en niños en edad preescolar: (Tabla 1)

[5] Mahone H Group. Mahone H. Daylighting in Schools. Pacific Gas & Electric Group. California (EEUU): California Board for Energy Efficiency [Internet]. 1999 [consultado: 6 enero 2017]. Disponible en: <http://h-m-g.com/downloads/Daylighting/schoolc.pdf>.

[6] Nicklas MH, Bailey GB. Analysis of the Performance of Students in Daylit Schools. Innovative Design [Internet]. Raleigh (EE.UU.): Innovative Design [Internet]; 1996. [consultado: 3 noviembre 2016]. Disponible en: <http://www.innovativedesign.net/files/Download/Analysis%20of%20Student%20Performance%20in%20Daylit%20Schools.pdf>.

[7] Montessori M. La Mente absorbente del niño. México DF: Diana; 1998.

Tabla 1: Resumen de los efectos de luz natural en niños en edad pre-escolar.  
FUENTE: elaboración propia.

<b>DESARROLLO COGNITIVO</b>	<b>DESARROLLO FÍSICO</b>	<b>DESARROLLO SOCIO - EMOCIONAL</b>
Mejora los niveles de aprendizaje y concentración.	Absorción de Vitamina D.	Relación con el medio ambiente.
Relación con el entorno y medio ambiente.	Reducción fatiga visual.	Mejor ánimo, por la influencia de hormonas reguladas por la luz natural.
Vistas hacia lo lejano.	Regulación de ciclo circadiano	
Distinción de objetos.	Regulación de Cortisol y Melatonina.	

En Chile se ha avanzado bastante en estudios de eficiencia energética en edificios de educación, pero aún falta desarrollar estudios para etapa preescolar (jardines infantiles), para así contribuir a una mejor calidad de vida y desarrollo de los niños a través de arquitectura más adecuada.

Dentro del período preescolar, el más importante en cuanto a desarrollo cognitivo es el de los tres primeros años; según Montessori [7]; es durante esta "primera infancia", de 0-3 años, cuando el niño tiene el poder de instruirse a sí mismo.

El estudio se focaliza en la educación inicial, en los primeros años de vida del infante; la cual es la base fundamental para formar su personalidad, por tanto, es el momento preciso para inculcar la valoración de los recursos naturales y los conocimientos socializados en la naturaleza que ayudan al

desarrollo del cuerpo y de la mente. German & Arias [8] afirman también que el poco contacto con el medio ambiente incide negativamente en el aprendizaje y en el desarrollo integral de los niños y las niñas.

### Normativas de diseño para iluminación

En Chile, la Ordenanza General de Urbanismo y Construcción (O.G.U. y C) incluye solo normativa estándar para establecimientos públicos y educacionales [9]; el Artículo 455 se refiere a superficie de ventanas para tres grupos de regiones del país, sin considerar zona climática, ubicación geográfica, ni iluminancia mínima para cada recinto.

La Guía "Criterios de Diseño para Espacios Educativos" [10], hace recomendaciones según zona climática, sobre la inclusión de criterios sustentables, referidos al confort térmico, visual y acústico, entre otros. Plantea que se debe estimar el aporte de luz natural, en factor de luz día, iluminación útil o autonomía de iluminación. Pide cumplimiento obligatorio en un mínimo de 2% de FLD (Factor de luz día) en 75% de la superficie regularmente ocupada; o bien un nivel de iluminancia útil de 40% para la zona climática Sur Litoral (Puerto Montt). Además, estima dos indicadores adicionales, asociados al control de deslumbramiento (DGP) y al acceso visual al exterior. Recomienda privilegiar orientación norte, elegir revestimientos interiores de alta reflectancia (colores claros), considerar bandejas y difusores solares, privilegiar ventanas horizontales superiores, considerar protecciones solares según orientación y velar por una luz uniforme.

La "Guía de Diseño de Espacios Educativos" [11], también hace recomendaciones referidas a la zona Sur Litoral. Recomienda para las aulas las orientaciones norte, oeste y este. Privilegiar la captación del sol con ventanas medianas hacia el norte y mínimas hacia el sur para evitar las pérdidas de calor. En relación a la iluminación indica 350 lx para todos los espacios habitables.

## Materiales y métodos

### Evaluación de la luz natural en establecimientos preescolares

Este estudio tiene como objetivo general evaluar la iluminación natural en establecimientos preescolares de la JUNJI (Junta Nacional de Jardines Infantiles, Chile), con el fin de reconocer su importancia en niños y así avanzar en los principios del diseño arquitectónico para estas edades. Para dar cumplimiento a este objetivo, se propone estudiar la importancia de la luz natural en los niños, en base a bibliografía de arquitectura y educación; comprender la percepción -a través de la experiencia y observación- de los profesionales de aula para respaldar y entender cómo incide la luz natural en los niños; analizar el asoleamiento de las aulas para conocer su comportamiento de acuerdo a su orientación; evaluar la luz natural para conocer las condiciones de confort visual asociada al usuario principal (deslumbramiento y contraste) bajo condiciones de cielo real, y finalmente predecir el comportamiento lumínico anual (luminancia e iluminancia) en los diferentes recintos.

### Metodología de análisis lumínico

Según lo que explica Montessori [7] se escoge analizar lumínicamente el nivel de niños entre 1 y 2 años (Sala Cuna Mayor) de dos jardines infantiles de la ciudad de Puerto Montt, Región de los Lagos, Chile; se escogen como casos de estudio dos jardines infantiles representativos, uno más favorable,

[8] German S, Arias A. El medio ambiente y su incidencia en los aprendizajes de los niños y niñas de 4 a 5 años del Centro Infantil "Tomas Tadeu", de la ciudad de Machachi, propuesta de creación de aula verde [Tesis Ciencias de la Educación, Educación Parvularia]. Quito: UCE; 2013 [consultado: 24 octubre 2016] Disponible en: <http://www.dspace.uce.edu.ec/handle/25000/3419>.

[9] MINVU. Ordenanza General de Urbanismo y Construcción Chile. Santiago de Chile: Ministerio de Vivienda y Urbanismo; 2016.

[10] MINEDUC. Criterios de Diseño para Espacios Educativos. Santiago de Chile: Ministerio de Educación; 2015.

[11] Unesco, Mineduc, MOP. Guía de Diseño para Espacios Educativos. Santiago de Chile: UNESCO; 2000.

de data actual (arquitectura reciente), con aulas cuya orientación fue más consciente (cercanas al norte) y con un sistema educativo contemporáneo basado en el método Montessori y Reggio Emilia y otro teóricamente más desfavorable, de data más antigua; con aula de orientación resultante; y con un sistema educativo tradicional; de manera de tener comparables.

Para conocer la incidencia de la luz natural en los niños, se aplican encuestas de percepción a educadoras y técnicos en educación parvularia de todos los JUNJI, región de Los Lagos; de manera de estudiar el comportamiento de los niños ante la luz natural y así corroborar su importancia en el diseño arquitectónico preescolar.

Para evaluar la luz natural se utilizan dos métodos, a través de software y evaluación in situ:

#### Evaluación dinámica de luz natural:

A) Con el software Ecotect, se analizó el asoleamiento anual de ambos edificios, a través de la matriz 3x3: que considera los solsticios de invierno, verano y los equinoccios, en los tres horarios más relevantes en uso y para captar el recorrido del sol: 8:00 – 12:00 – 17:00 horas; con la finalidad de captar el recorrido del sol y entender el comportamiento de la luz en las fachadas del edificio y las aulas estudiadas, según orientación.

B) Para predecir el comportamiento lumínico anual en las aulas estudiadas, se escogieron fechas y horarios utilizados anteriormente, considerando un cielo intermedio (parcial nublado). Se obtuvieron los niveles de luz, iluminancia (lux), luminancia (cd/m<sup>2</sup>), vinculada al confort visual; expresados en mapas de Falso Color. Se modelaron las aulas (A, B y C) del nivel Sala Cuna Mayor en el software Sketchup, posteriormente para el estudio lumínico anual se utilizó el software Velux Daylighting Visualize. Se evaluó desde el nivel del suelo hasta una altura de 90cm (hasta el antepecho de las ventanas), por ser el área de acción de los niños de la edad estudiada. Se obtuvieron mapas de luminancia e iluminancia, bajo cielo intermedio, a una altura de 90cm (altura niño) y desde un punto de visión panorámica en el acceso de cada aula.

#### Evaluación lumínica In Situ:

C) Se hizo una evaluación de la luz natural, confort visual, deslumbramiento y contraste del usuario principal, bajo condiciones de cielo real más característico de la ciudad de Puerto Montt; analizando las aulas a través de fotografía digital de alto rango dinámico (método HDR, High Dynamic Range), complementado con mediciones de iluminancia a través de un luxómetro. Se evaluaron dos salas (A y B) del Jardín Infantil Cerro Tronador, de orientación Noroeste y Suroeste y una sala (C) del Jardín Infantil Sueño de Colores, de orientación principal Sureste; principalmente bajo cielo cubierto y parcial; por ser los cielos más representativos, según fuentes consultadas [12] y [13].

### Medición en base a fotografía HDR.

El método de fotografía HDR (High Dynamic Range) permite cuantificar la luz natural basándose en fotografías digitales; es una herramienta precisa y fidedigna con bajo porcentaje de error (10% aproximadamente), que otorga valores de luminancia a través de valores de píxeles [14]. Consiste básicamente en la captura de una serie de imágenes LDR (low dynamic range) bajo distintas exposiciones y distintas velocidades de obturación, para luego, a través de software, esta serie de imágenes son convertidas en una sola imagen HDR [15]. La fotografía HDR es capaz de asimilar el

[12] Piderit B, Cauwert C, Díaz M. Definition of the CIE standard skies and application of high dynamic range imaging technique to characterize the spatial distribution of daylight in Chile [Internet]. 2014 [consultado: 12 septiembre 2016]. Disponible en: <http://www.scielo.cl/pdf/rconst/v13n2/art03.pdf>.

[13] Dirección Meteorológica de Chile. Anuario Climatológico 2010-2014. Santiago de Chile: Dirección General de Aeronáutica civil, Departamento Climatología y Meteorología Aplicada [Internet]. 2014 [consultado: 6 agosto 2016]. Disponible en: <http://164.77.222.61/climatologia/>.

[14] Inanici M. Per-pixel Lighting Data Acquisition and Analysis with High Dynamic Range Photography. Berkeley (EE.UU.): Lawrence Berkeley National Laboratory, Lighting Research Group; 2005.

[15] Freeman M. Guía completa del luz e iluminación en fotografía digital. Barcelona: Blume; 2010.

espectro de luz que capta el ojo humano [16] y reconoce todos los elementos que inciden en la dinámica de la luz: elementos exteriores, materialidad y color, entre otros. Este método otorga mapas de luminancia (falso color) que permiten analizar las escenas de luz. En este estudio se utiliza la cámara digital Canon EOS 5D y lente ojo de pez SIGMA F3.5 EXDG [17].

Para el levantamiento de cada escena de luz, se fijó la altura de la cámara a la altura promedio de observación de niños de 1-2 años (90cm), según Tabla de Crecimiento de la Organización Mundial de la Salud<sup>1</sup> desde un punto de visión panorámica en el acceso a cada sala; evaluando desde los 90cm de altura, incluyendo antepechos hasta el nivel de piso; por ser el área de acción de los niños estudiados.

Se fijó la apertura de la cámara según características lumínicas de la sala a las horas tomadas; 8:00am - 12:00pm y 17:00pm (para abarcar el recorrido del sol y horario de uso). Se seleccionan las fotografías resultantes en rango entre valores RGB de 20 y 200 [14]; desde la foto más clara a la más oscura, según recomendaciones de Inanici [15]. Asimismo, se recomienda que “la exposición más larga no debe ser del todo blanca y la más oscura no debe ser del todo negra” [17]. Las fotografías LDR escogidas, en el software Photosphere se convierten en una única imagen HDR, para luego obtener mapas de luminancia (False Color). El siguiente ejemplo muestra una serie de 15 tomas a 1 1/3 stop, donde se eligen, en este caso, nueve de ellas con valores RGB entre 20 y 200. (Figura 1)



- [16] Beltran LO, Martins MB. Assessment of Luminance Distribution Using HDR Photography. En: Proceedings of the 2005 ISES Solar World Congress. Orlando: Texas A&M University; 2005. p. 7-12.
- [17] Inanici M. Development and Validation of Image based Sky Models for Daylighting Applications. Washington: University of Washington Royalty Research Fund; 2009-2010.
- [18] Dubois MC. Solar Shading for Low Energy Use and Daylight Quality in Offices, Simulations, Measurements and Design Tools. [PhD Tesis]. Lund University; 2001. Disponible en: <http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.598.2705&rep=rep1&type=pdf>.

Figura 1. IMÁGENES DE EJEMPLO MÉTODO HDR, f/11 - 05\_10\_2016 - 8hrs - AULA A. Secuencia de imágenes LDR e imagen HDR resultante. FUENTE: Elaboración propia.

Justo después de la toma de fotografías y en lugares claves por aula (en el piso sobre los reflejos de luz y/o sobre las mesas de trabajo) se tomaron mediciones de iluminancia (lux) para obtener valores puntuales para cada una de las horas medidas. El instrumento utilizado fue un luxómetro Minolta LS110 por su precisión y amplitud de rango 0 - 200.000lux. Se analizaron estos resultados según rangos base [1] y luego se corroboraron con la información obtenida en la fotografía HDR.

### Parámetros de evaluación lumínica

En esta investigación se evaluaron: Iluminancia (Emed - lux), Luminancia (L - cd/m<sup>2</sup>), Contraste, Confort visual, Superficie en rango (UDI - Usefull daylit illuminance, % del aula con iluminancia útil) y Uniformidad media (Umed); según métricas definidas en la Guía de Eficiencia Energética para Establecimientos Educativos [1] y en la tesis doctoral de M. Dubois [18], ambos estudios orientados a educación escolar.

<sup>1</sup> ([http://www.who.int/childgrowth/standards/cht\\_lfa\\_boys\\_z\\_0\\_2.pdf](http://www.who.int/childgrowth/standards/cht_lfa_boys_z_0_2.pdf))

## Casos de estudio

La medición se realiza en la ciudad de Puerto Montt, ubicada frente al seno de Reloncaví, al final de la depresión intermedia, limitando por el oeste con la Precordillera [19]. Geográficamente se ubica a 41°28' de latitud sur y 72°56' de longitud oeste, a una altura promedio de 90m sobre el nivel del mar [1]. Presenta un clima oceánico, templado y lluvioso con influencia mediterránea [1], precipitaciones abundantes (1800mm anuales aproximadamente) y temperaturas constantes, de escasa oscilación anual y diaria, que disminuyen entre octubre y abril, sin presentar una estación seca. Las temperaturas mínimas van de 0 a 6 °C y las máximas entre 8 a 12 °C, en verano las temperaturas van de 8 C a 20 °C y hasta 27 °C. [19] Los cielos en esta zona son mayormente nublados en un 46%, parciales e intermedios en un 32% y despejados en un 22% [20].

### CASO 1: Aulas preescolar A y B

Las aulas A y B (orientación Noroeste y Suroeste) pertenecen al Jardín Infantil Cerro Tronador (2016), ubicado en calle Cerro Tronador esquina Volcán Michimavida, sector Valle Volcanes, Puerto Montt.

Estas aulas se ubican en el segundo nivel y están revestidas en su interior por planchas de volcánita y pavimento de piso vinílico, ventanas de tipo termo-panel con marco de PVC y contramarco de madera. El jardín, de construcción aislada, se emplaza en una terreno esquina, plano, de un barrio residencial con viviendas no mayores a 2 pisos que no superan en altura al edificio del jardín infantil, por lo que no presenta obstrucciones exteriores incidentes. En las figuras 2 y 3 se presentan detalles de la planimetría y de los interiores. (Figuras 2 y 3)

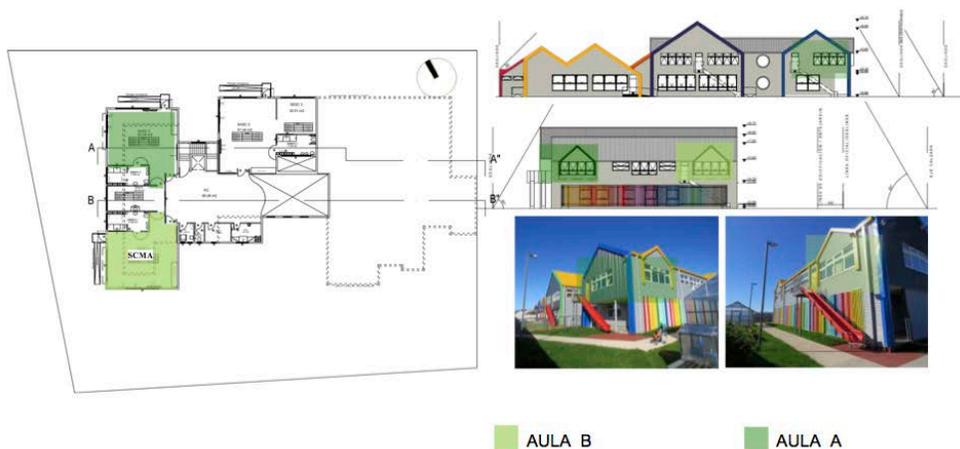


Figura 2: Planta de Arquitectura nivel 2, Jardín Infantil Cerro Tronador / Fachada Norte y Oeste / Fotos exteriores. FUENTE: Planimetría JUNJI



Figura 3: VISTAS GENERAL / OESTE / NORTE / SUR, ALTURA NIÑO, 02-09-2016, 16:10 hrs. / AULA A Y AULA B.

## CASO 2. Sala Pre-escolar C

El aula C pertenece al Jardín Infantil Sueño de Colores (2008-2009), el cual se ubica en pasaje Los Copihues 429, Población La Rotonda, Puerto Montt. Esta aula se ubica en el segundo nivel y posee placa yeso cartón de 15mm por el interior, pintada de blanco en el área superior y verde en el área inferior, pavimento de piso vinílico y ventanas de vidrio simple de 6mm con marco de aluminio de 5mm de espesor. Su orientación principal es Sureste, aunque presenta una ventana de 1x1m en el fondo hacia el Oeste, más una ventana de techo que capta sol por el norte. El jardín se emplaza en la punta de un terreno central, plano, entre dos avenidas de mediana velocidad. En la fachada norte a aproximadamente 2 metros, se enfrenta un árbol que posiblemente incide en la luminosidad interior del jardín, pero no del aula en estudio; en la fachada este, colindante al terreno se emplaza una iglesia de dos pisos de altura a una distancia aproximada de 3 metros de las ventanas al este del aula estudiada. En las figuras 4 y 5 se presentan detalles de la planimetría y de los interiores. (Figuras 4 y 5)

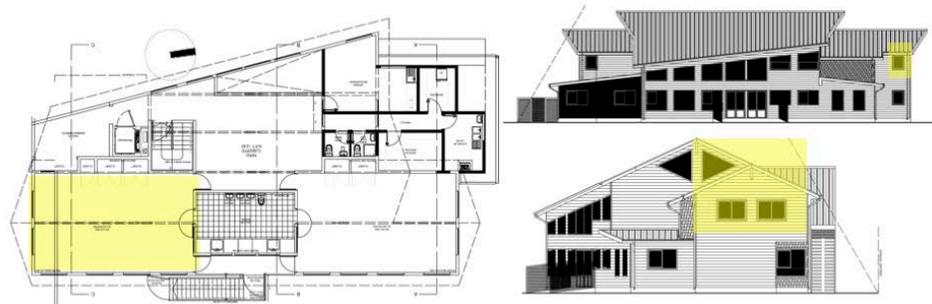


Figura 4: Planta de Arquitectura NIVEL 2 / Elevación Poniente y Sur. FUENTE: Planimetría JUNJI.

■ AULA C



Figura 5: VISTAS: GENERAL / ESTE / SUR / OESTE, J. I. SUEÑO DE COLORES, 05-09-2016, ALTURA NIÑO, 17:15 hrs. FUENTE: Elaboración Propia.

## Resultados y discusión

### Matriz Asoleamiento: Caso 1, Aulas A y B

Del análisis de asoleamiento (software ECOTECT) se observa lo siguiente:

- Para equinoccio: a las 8:00 horas las fachadas norte, sur y oeste completamente en sombra; a las 12:00 horas la fachada norte se expone al sol, la fachada oeste sigue en sombra y a las 17:00 horas la fachada oeste y norte reciben sol y la sur sombra.

- Para el solsticio de invierno, a las 8:00 horas ambas aulas están en sombra. A las 12:00 horas, la fachada norte recibe sol y la oeste sombra (aula B en sombra). A las 17:00 horas, las fachadas norte y oeste reciben sol, dado el ángulo solar más bajo (ambas aulas asoleadas).

- En el solsticio de verano, a las 8:00 horas las fachadas están en sombra, a las 12:00 horas, solo la fachada norte recibe sol, a las 17:00 horas la norte y la sur en sombra y oeste al sol.

El aula A de orientación noroeste posee el mejor asoleamiento, ya que recibe sol desde el mediodía, potenciándose con el sol de tarde. Dada la

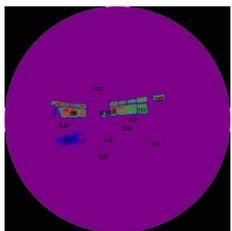
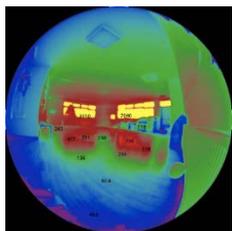
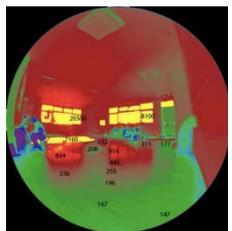
orientación y alta capacidad de reflexión de materiales interiores, las ventanas norte deberían protegerse con celosías horizontales de regulación manual. A inicios del día podría ser necesario el apoyo de luz artificial. El aula B de orientación suroeste recibe sol de tarde, el que dado su ángulo solar penetra por todo el recinto, a lo que ayuda la reflexión de los materiales (muros blancos y piso vinílico).

#### Evaluación lumínica, fotografía HDR: Caso 1, Aula A

El siguiente análisis se realiza de acuerdo a la metodología antes descrita; se realizan mediciones en dos días distintos, cercanos al equinoccio de primavera, septiembre 27 y octubre 5, bajo cielos que varían desde despejado, parcial a nublado (variables).

La Tabla 2 muestra que se recomienda luz artificial solo al inicio del día (L en rango según métricas utilizadas: 8%), donde el contraste no es apto para reconocer los objetos en forma correcta (juguetes y libros en estante de niños). Desde las 12 horas la luminancia y el contraste cumplen con lo requerido. En la tarde, al dirigir la vista hacia las ventanas, el adulto podría sentir deslumbramiento. Respecto al análisis de iluminancia y en relación a la iluminancia útil (Tabla 2) se concluye que es insuficiente durante todo el día ( $UDI \leq 80\%$  en rango). Antes de mediodía podría requerirse luz artificial (Emed 82,6lx), dependiendo de la tarea encomendada a los niños y en la tarde, podría requerirse el uso de control solar, principalmente en ventanas al norte (Emed: 2703lx). (Tabla 2)

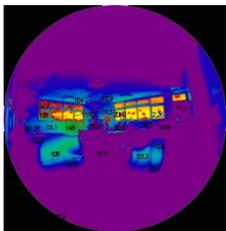
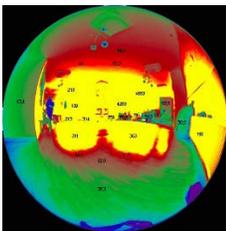
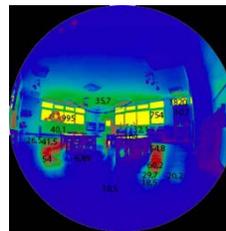
Tabla 2: Análisis de Luminancia e Iluminancia, Caso 1-A, 27-09-2016. FUENTE: Elaboración propia.

<b>LUMINANCIA – cd/m<sup>2</sup> (h niño) – Caso 1, Sala A – 27-09-2016</b>			
<b>CIELO</b>	<b>CUBIERTO</b>	<b>DESPEJADO</b>	<b>PARCIAL</b>
<b>HORA - Av</b>	<b>8:00 Hrs. – f5</b>	<b>12:00 Hrs. – f5</b>	<b>17:00 Hrs. – f8</b>
<b>FALSE COLOR</b>			
<b>ESCALA FC</b>	<b>30:2000</b>	<b>30:2000</b>	<b>30:2000</b>
<b>L mín – máx (cd/m<sup>2</sup>)</b>	2,14 – 57	44,6 – 784	98,5 – 9180
<b>L en rango (80%: 30-500 cd/m<sup>2</sup>)</b>	8% - Inaceptablemente oscura	85% - óptimo.	90%- óptimo.
<b>CONTRASTE</b>	1,7:1	3,3:1	3:1
<b>ILUMINANCIA – lx - Caso 1, Sala A – 27-09-2016</b>			
<b>E mín. – máx.</b>	53,8 – 107 lx	270 – 1450 lx	1680 – 4060 lx
<b>Emed</b>	82,6 lx	665 lx	2703 lx
<b>Umed</b> óptimo >0,5	0,65: óptimo	0,4: casi óptimo	0,62: óptimo
<b>UDI (80%: 300-2000 lx)</b>	insuficiente	insuficiente	demasiada luz

Para la medición 2, en los mapas de luminancias (Tabla 3) se observa al inicio y término de la jornada, que ésta es insuficiente para realizar tareas específicas de detalles (Len rango  $\leq 80\%$ ), solo al mediodía cumple con lo requerido. Durante todo el día el contraste entre muro y objeto permite el perfecto reconocimiento visual. La Figura 16 muestra que durante todo el día la iluminancia (Emed: entre 300-2000lx) y la uniformidad son suficientes para el uso preescolar, ya que los rangos de 0,4 son cercanos a lo óptimo. (Tabla 3)

En el aula A tanto para cielo cubierto y cielo parcial a despejado los rangos de Luminancia (L) e iluminancia (E) son aceptables. El contraste logrado es óptimo para distinguir objetos de manera correcta. En cambio, debido a la alta reflectividad de los materiales y a la luz norte, se generan brillos en el pavimento que afectan la uniformidad, los que podrían ser atractivos para los niños.

Tabla 3: Análisis de Luminancia e Iluminancia, Caso 1-A, 05-10-2016. FUENTE: Elaboración propia.

LUMINANCIA – cd/m <sup>2</sup> (h niño) - Caso 1, Sala A – 05-10-2016			
CIELO	PARCIAL	CUBIERTO	CUBIERTO
HORA - Av	8:00 Hrs. – f11	12:00 Hrs. – f11	17:00 Hrs. – f8
FALSE COLOR			
ESCALA FC	0:100	0:100	0:100
L mín – máx (cd/m <sup>2</sup> )	14,9 – 190	44 – 466	9,7 – 112
L en rango 80%: 30-500 cd/m <sup>2</sup> )	40%	100%	40%
CONTRASTE (3:1)	3,6:1	4:1	4,5:1
ILUMINANCIA – lx -- Caso 1, Sala A – 05-10-2016			
E mín. – máx.	222,3 – 762 lx	763 – 2578 lx	221 – 816 lx
Emed	524,75 lx	1729,5 lx	550 lx
Umed óptimo >0,5	0,42: casi óptimo	0,44: casi óptimo	0,4: casi óptimo
UDI (80% 300-2000 lx)	72%: óptimo	57%	90%: óptimo

#### Predicción anual de luz natural. Caso 1, Aula A

La Tabla 4 muestra el análisis hecho para el aula A del caso 1, tanto para los equinoccios como para los solsticios mediante el software Velux Dighlighting visualize, bajo cielo intermedio.

En general, el aula A posee niveles de luminancia aceptables, solo en el solsticio de invierno la sala se observa oscura al inicio y término del día. No hay problemas de deslumbramiento. (Tabla 4)

La Tabla 5 muestra que tanto para los equinoccios como para el solsticio de verano, solo a mediodía la iluminancia alcanza el rango requerido, por lo que se recomienda el uso de luz artificial si las tareas lo requieren. La uniformidad es aceptable durante todo el período. (Tabla 5)

Tabla 4: Análisis anual de Luminancia Caso 1-A. FUENTE: Elaboración propia.

LUMINANCIA, caso 1 - sala A						
HORA	08:00		12:00		17:00	
EQUINOCCIO OTOÑO / PRIMAVERA						
SOLSTICIO INVIERNO						
SOLSTICIO VERANO						
	<b>L mín.-máx. (cd/m<sup>2</sup>)</b>	<b>L en rango (80%: 30-500 cd/m<sup>2</sup>)</b>	<b>L mín.-máx. (cd/m<sup>2</sup>)</b>	<b>L en rango (80%: 30-500 cd/m<sup>2</sup>)</b>	<b>L mín.-máx (cd/m<sup>2</sup>)</b>	<b>L en rango (80%: 30- 500 cd/m<sup>2</sup>)</b>
	21,1 -107,1	58%	39 -165	100% óptimo.	22,7 -69,8	58%
	5,3 -22,3	4,1% inaceptablemente oscura.	25,8 -143,2	96% óptimo.	0,2 -0,9	inaceptablemente oscura
	24,4 -97	83% óptimo.	41,6 -160	100% óptimo.	30,6 -103,4	96% óptimo.

Tabla 5: Análisis anual de Iluminancia Caso 1-A. FUENTE: Elaboración propia.

ILUMINANCIA, caso 1 - sala A						
HORA	8:00		12:00		17:00	
EQUINOCCIO OTOÑO / PRIMAVERA						
SOLSTICIO INVIERNO						
SOLSTICIO VERANO						
	<b>E mín.-máx. (lx)</b>	<b>Emed (lx)</b>	<b>E mín.-máx. (lx)</b>	<b>Emed (lx)</b>	<b>E mín.-máx. (lx)</b>	<b>Emed (lx)</b>
	81,9 – 400,7	195	144 – 581,8	372,7	89,2 – 216	157,14
	20,4 – 116,2	46,7	92,8 – 415	262	0,8 – 2,3	1,65
	113,9 – 444,2	224,65	154,4 – 588,7	377,6	151,1 – 383,8	242,79
	<b>UDI (80% 300- 2000 lx)</b>	<b>Umed (óptimo &gt;0,5)</b>	<b>UDI (80% 300- 2000 lx)</b>	<b>Umed (óptimo &gt;0,5)</b>	<b>UDI (80% 300- 2000 lx)</b>	<b>Umed (óptimo &gt;0,5)</b>
	8,3%: insuficiente	0,42	66,6%	0,38	insuficiente	0,56: óptimo
	insuficiente	0,44 casi óptimo	33,3% presencia de contraste	0,35	insuficiente	0,48 casi óptimo
	25% insuficiente	0,5 óptimo	67%	0,4 casi óptimo	25% insuficiente	0,62 óptimo

### Evaluación lumínica, fotografía HDR: Caso 1, Aula B

Según lo que se observa en la Tabla 6 se recomienda luz artificial solo al inicio del día. Durante todo el día, el contraste luminoso entre fondo y figura es apto para reconocer los objetos en forma correcta. En la tarde al dirigir la vista hacia las ventanas, los adultos podrían sentir deslumbramiento; los reflejos solares del piso de la ventana norte se sitúan en una superficie menor del aula, por lo que caen en el rango de "imperceptibles". Según los resultados presentados en la Tabla 6, UDI es insuficiente solo al inicio del día, por lo que se recomienda luz artificial dependiendo de la tarea encomendada. Durante la tarde se requiere control solar en la ventana oeste. La luz es uniforme durante todo el día. (Tabla 6)

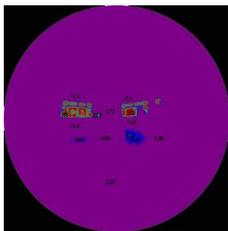
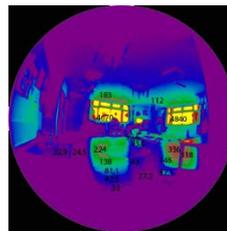
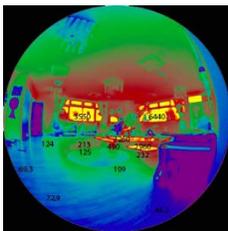
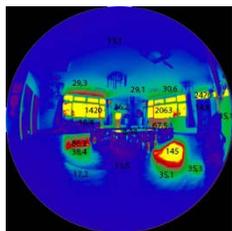
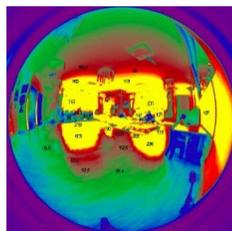
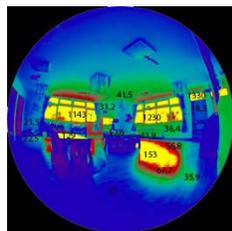
<b>LUMINANCIA – cd/m<sup>2</sup> (h niño) - Caso 1, Sala B – 27-09-2016</b>			
<b>CIELO</b>	<b>CUBIERTO</b>	<b>DESPEJADO</b>	<b>PARCIAL</b>
<b>HORA - Av</b>	<b>8:00 Hrs. – f5</b>	<b>12:00 Hrs. – f8</b>	<b>17:00 Hrs. – f8</b>
<b>FALSE COLOR</b>			
<b>ESCALA FC</b>	<b>30:2000</b>	<b>30:2000</b>	<b>30:2000</b>
<b>L mín. - máx (cd/m<sup>2</sup>)</b>	1,73 - 63,8	9,27 - 336	63 - 2843
<b>L en rango (80%: 30-500 cd/m<sup>2</sup>)</b>	15%	50%	70%
<b>CONTRASTE (3:1)</b>	2,8:1	4:1	3:1
<b>ILUMINANCIA - lx - Caso 1, Sala B – 27-09-2016</b>			
<b>E mín. - máx (lx)</b>	59,7 - 120,2	438 - 567	1000 - 3370
<b>Emed (lx)</b>	94,4	505	1730
<b>Umed</b>	0,63 óptimo	0,86 óptimo	0,57 óptimo
<b>UDI (80% 300-2000 lx)</b>	insuficiente	óptimo	85% óptimo

Tabla 6: Análisis de Luminancia e Iluminancia. Caso 1-B. 27-09-2016. FUENTE: Elaboración propia.

Para el segundo día de medición, solo al mediodía la luminancia queda dentro del rango requerido (Tabla 7). El contraste es correcto para que los niños distingan en forma correcta sus juguetes y libros. No hay riesgo de deslumbramiento a nivel de los niños, solo a nivel de adultos al mirar las ventanas, pero en menor superficie, por lo que no requiere control solar. A las 8:00 horas (Tabla 7) no se alcanzan los valores requeridos para UDI en áreas hacia el interior del aula (puntos 1, 7 y 8), sin embargo, en el resto del aula sí, por lo que no debería requerirse luz artificial. La uniformidad es aceptable durante todo el día. (Tabla 7)

El aula B de orientación suroeste, recibe sol de tarde. La luminancia alcanza valores aceptables a las 12:00 horas durante todo el año, por lo que se sugiere apoyo de luz artificial principalmente al inicio del día, tanto en los equinoccios como en invierno. En este caso la uniformidad cumple de mejor manera que el aula A, ya que la luz oeste al ser más horizontal, penetra en más profundidad en el interior de la sala y no genera demasiada reflexión.

Tabla 7: Análisis de Luminancia e Iluminancia. Caso 1-B. 05-10-2016. FUENTE: Elaboración propia.

<b>LUMINANCIA – cd/m<sup>2</sup> (h niño) - Caso 1, Sala B – 05-10-2016</b>			
<b>CIELO</b>	<b>PARCIAL</b>	<b>CUBIERTO</b>	<b>CUBIERTO</b>
<b>HORA - Av</b>	<b>8:00 Hrs. – f11</b>	<b>12:00 Hrs. – f11</b>	<b>17:00 Hrs. – f11</b>
<b>FALSE COLOR</b>			
<b>ESCALA FC</b>	<b>0:100</b>	<b>0:100</b>	<b>0:100</b>
<b>L mín – máx (cd/m<sup>2</sup>)</b>	5,8 – 543	42 – 461	7,65 – 157
<b>L en rango (80%: 30-500 cd/m<sup>2</sup>)</b>	30%	100%	40%
<b>CONTRASTE (3:1)</b>	7:1	4,3:1	2:1
<b>ILUMINANCIA – lx - Caso 1, Sala B – 05-10-2016</b>			
<b>TIPO DE CIELO</b>	<b>PARCIAL</b>	<b>CUBIERTO</b>	<b>CUBIERTO</b>
<b>E mín – máx (lx)</b>	200 – 607	407 – 1663	392 – 725
<b>Emed (lx)</b>	387,78	1140,8	560,4
<b>Umed</b>	0,5 casi óptimo	0,35 casi óptimo	0,37 casi óptimo
<b>UDI (80% 300-2000 lx)</b>	60%: entre insuficiente óptimo	100%: óptimo	90%: óptimo

#### Análisis lumínico interior: predicción anual. Caso 1, Aula B

Según la Tabla 8, en los equinoccios, sólo al mediodía se alcanzan los niveles requeridos de luminancia (100%). En el solsticio de invierno no se alcanza el rango mínimo. En el solsticio de verano la luminancia es óptima para cualquier tarea. Según la Tabla 9, la iluminancia sólo se cumple en la mitad de la superficie en el solsticio de verano (Emed:309,3 lx), a medio día. La uniformidad es óptima durante todo el año. (Tablas 8 y 9)

#### Matriz Asoleamiento: Caso 2, Aula C

Del análisis de asoleamiento del Caso 2, Aula C, para equinoccios, se observa que a las 8:00 y 12:00 horas recibe sol solo la fachada este; a las 17:00 horas las fachadas este y sur quedan en sombra, sin embargo, la ventana oeste, recibe sol en el fondo de la sala al atardecer. Esta sala también posee una ventana vertical de techo (en las cerchas) de orientación norte. En el solsticio de invierno a las 8:00 horas ambas fachadas, sur y este están en sombra. A las 12:00 horas el sol entra por la fachada este, a las 17:00 horas el sol entra hacia el fondo por la fachada oeste. En el solsticio de verano a las 8:00 horas las fachadas sur y este reciben sol; a las 12:00 horas el sol solo entra por la fachada este; y a las 17:00 horas las fachadas sur y oeste reciben sol y la este queda en sombra.

Esta aula de orientación principal sur este, recibe luz este al mediodía y durante todo el día en verano. La ventana pequeña que da hacia el oeste y la ventana norte entre cerchas, aportan de manera indirecta y en menor grado a la luminosidad total.

Tabla 8: Análisis anual de Luminancia Caso 1-B. FUENTE: Elaboración propia.

LUMINANCIA, caso 1 - sala B						
HORA	8:00		12:00		17:00	
EQUINOCCIO OTOÑO/ PRIMAVERA						
SOLSTICIO INVIERNO						
SOLSTICIO VERANO						
	<b>L mín. – máx. (cd/m²)</b>	<b>L en rango (80%: 30-500 cd/m²)</b>	<b>L mín. – máx. (cd/m²)</b>	<b>L en rango (80%: 30-500 cd/m²)</b>	<b>L mín. – máx. (cd/m²)</b>	<b>L en rango (80%: 30- 500 cd/m²)</b>
	15,7 – 56,2	62,5% casi óptimo.	33,3 - 113	100% óptimo.	17,8 - 63	41,6%
	4,6 – 12,6	inaceptablemente oscura	20 – 70,9	58%	0,2 – 0,5	inaceptablemente oscura
	25,6 – 73,3	83% óptimo	37,8 – 117,3	100% óptimo	28,2 – 129,7	92% óptimo

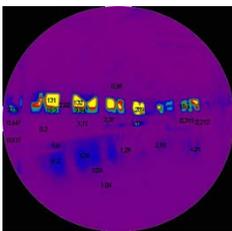
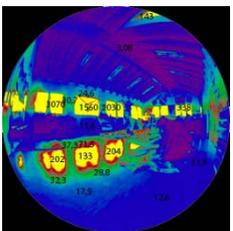
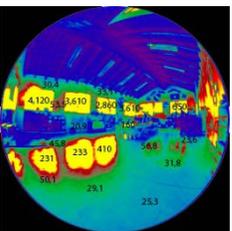
Tabla 9: Análisis anual de Iluminancia Caso 1-B. FUENTE: Elaboración propia.

ILUMINANCIA, caso 1 - sala B						
HORA	8:00		12:00		17:00	
EQUINOCCIO OTOÑO/ PRIMAVERA						
SOLSTICIO INVIERNO						
SOLSTICIO VERANO						
	<b>E mín. – máx. (lx)</b>	<b>Emed (lx)</b>	<b>E mín. – máx. (lx)</b>	<b>Emed (lx)</b>	<b>E mín. – máx. (lx)</b>	<b>Emed (lx)</b>
	96,3 – 212,5	144,75 lx	170,8 – 394,1	263,6	54,2 – 124,8	54,2 – 124,8
	18,6 – 42,9	29,62	92,5 – 208,4	142,1	0,6 – 1,2	0,83
	127,4 – 287,9	201	202,1 – 448,4	309,3	91 – 208,7	141,1
	<b>UDI (80% 300-2000 lx)</b>	<b>Umed (óptimo &gt;0,5)</b>	<b>UDI (80% 300-2000 lx)</b>	<b>Umed (óptimo &gt;0,5)</b>	<b>UDI (80% 300-2000 lx)</b>	<b>Umed (óptimo &gt;0,5)</b>
	insuficiente	0,66 óptimo.	33,3% entre insuficiente y óptimo.	0,64 óptimo.	insuficiente	0,64 óptimo
	insuficiente	0,62 óptimo	insuficiente	0,65 óptimo	insuficiente	0,72 óptimo.
	insuficiente	0,63 óptimo	54,16%	0,65 óptimo	insuficiente	0,64 óptimo

### Evaluación lumínica, fotografía HDR: Caso 2, Aula C

Según la Tabla 10, a las 8:00horas se recomienda luz artificial, ya que la luminancia no alcanza los valores requeridos. Al mediodía y en la tarde solo el 50% de la superficie del aula alcanza el rango recomendado, por lo que se recomienda un reestudio del tamaño y tipo de ventanas. El contraste es óptimo al inicio y término del día. Solo al inicio del día se recomienda el uso de luz artificial ( $E_{med} \leftarrow 200lx$ ). Cumple con UDI desde mediodía. La uniformidad es óptima solo al término de la jornada, aunque el valor de 0,4 a las 8:00horas, dada la actividad preescolar, también sería aceptable. (Tabla 10)

Tabla 10: Análisis de Luminancia e Iluminancia. Caso 2. 28-09-2016. FUENTE: Elaboración propia.

<b>LUMINANCIA – cd/m<sup>2</sup> (h niño) – caso 2 – 28-09-2016</b>			
<b>CIELO</b>	<b>PARCIAL</b>	<b>CUBIERTO</b>	<b>CUBIERTO</b>
<b>HORA - Av</b>	<b>8:00 Hrs. – f3,5</b>	<b>12:00 Hrs. – f8</b>	<b>17:00 Hrs. – f8</b>
<b>FALSE COLOR</b>			
<b>ESCALA FC</b>	<b>0:100</b>	<b>0:100</b>	<b>0:100</b>
<b>L mín – máx (cd/m<sup>2</sup>)</b>	0,75 – 14,6	10,3 – 383	23,6 – 485
<b>L en rango (80%: 30-500 cd/m<sup>2</sup>)</b>	0%	55%	50%
<b>CONTRASTE (3:1)</b>	5:1	1,7:1	3,7:1
<b>ILUMINANCIA – lx - caso 2 – 28-09-2016</b>			
<b>CIELO</b>	<b>PARCIAL</b>	<b>CUBIERTO</b>	<b>CUBIERTO</b>
<b>E mín – máx (lx)</b>	18,3 – 106,4	185 - 779	190,1 – 406
<b>E<sub>med</sub> (lx)</b>	45	562	335,76
<b>U<sub>med</sub></b>	0,4 casi óptimo	0,33 casi óptimo	0,57 óptimo
<b>UDI (300-2000 lx)</b>	Insuficiente	85% óptimo	80%: casi óptimo

Esta Aula, según el análisis anterior (Tabla 10), bajo condiciones de cielo variables (parcial a cubierto), cumple con iluminancia desde el mediodía, mientras el contraste y la uniformidad son óptimos solo al inicio y término de la jornada. Lo anterior puede mejorarse disminuyendo el material didáctico y los adornos de muros y techo, ya que estos afectan la reflectividad del ambiente.

### Análisis lumínico interior: predicción anual. Caso 2, aula C

Se analiza iluminación, según parámetros vistos anteriormente. Como se aprecia en las Tablas 11 y 12, esta aula, debido a su desfavorable orientación, no alcanza niveles de luminancia ni iluminancia requeridos. En relación a la uniformidad, si cumple. Podría mejorarse la condición del aula reestudiando el tamaño de las ventanas existentes, y proyectándolas fuera del eje de la fachada de manera horizontal hacia el norte, generando una nueva ventana de 2 caras, hacia el este y hacia el norte (tipo bow windows), para así permitir la entrada de luz norte al interior del aula, de forma más distribuida. (Tablas 11 y 12)

Tabla 11: Análisis anual de Luminancia Caso 2. FUENTE: Elaboración propia.

LUMINANCIA, caso 2						
HORA	8:00		12:00		17:00	
EQUINOCCIO OTONO / PRIMAVERA						
SOLSTICIO INVIERNO						
SOLSTICIO VERANO						
	<b>L mín. – máx. (cd/m<sup>2</sup>)</b>	<b>L en rango (80%: 30-500 cd/m<sup>2</sup>)</b>	<b>L mín. – máx. (cd/m<sup>2</sup>)</b>	<b>L en rango (80%: 30-500 cd/m<sup>2</sup>)</b>	<b>L mín. – máx. (cd/m<sup>2</sup>)</b>	<b>L en rango (80%: 30-500 cd/m<sup>2</sup>)</b>
	4,8 – 46,8	12,5% inaceptablemente oscura	6,2 – 44,1	20% inaceptablemete oscura	2,8 – 27,9	0% inaceptablemente oscura
	5 – 46,6	12,5% inaceptablemente oscura	6,9 – 71,2	25% inaceptablemente oscura	2,5 – 27	0% inaceptablemente oscura
	6,4 – 56,1	25% inaceptablemente oscura	7,1 – 72,9	25% inaceptablemente oscura	4,7 – 44	4,16% inaceptablemente oscura

Tabla 12: Análisis anual de Iluminancia Caso 2. FUENTE: Elaboración propia.

ILUMINANCIA, caso 2						
HORA	8:00		12:00		17:00	
EQUINOCCIO OTONO / PRIMAVERA						
SOLSTICIO INVIERNO						
SOLSTICIO VERANO						
	<b>E mín.-máx. (lx)</b>	<b>Emed (lx)</b>	<b>E mín. -máx. (lx)</b>	<b>Emed (lx)</b>	<b>E mín.-máx. (lx)</b>	<b>Emed (lx)</b>
	42,9 – 204,4	75,23	66,8 – 218,9	102,41	24,8 – 70,3	35,29
	37,8 – 182,7	63,87	56,6 – 129,8	86,6	19,1 – 44,2	29,15
	43,2 – 178,5	77,29	67,5 – 213,7	105,95	25,4 – 93,2	37
	<b>UDI (80% 300-2000 lx)</b>	<b>Umed (óptimo &gt;0,5)</b>	<b>UDI (80% 300-2000 lx)</b>	<b>Umed (óptimo &gt;0,5)</b>	<b>UDI (80% 300-2000 lx)</b>	<b>Umed óptimo &gt;0,5)</b>
	insuficiente	0,57 óptimo	insuficiente	0,65 óptimo	insuficiente	0,7 óptimo
	insuficiente	0,59 óptimo	insuficiente	0,65 óptimo	0,65 óptimo	insuficiente
	insuficiente	0,56 óptimo	insuficiente	0,63 óptimo	insuficiente	0,68 óptimo

## Percepción del usuario: encuestas profesionales de las aulas (educadoras y técnicos en educación para párvulos)

Se desarrolló una encuesta cerrada y abierta (de alternativas, evaluación y desarrollo) [21], con preguntas referidas principalmente al comportamiento de los niños ante la luz natural, según experiencia de las profesionales de aula. Son agrupadas principalmente en: su preferencia (A) y en el comportamiento de los niños (B); aplicadas a todos los jardines infantiles JUNJI de administración directa de la Región de Los Lagos; y distribuidas vía mail. De un total de 156 respuestas de 296 personas encuestadas, se obtuvieron los siguientes resultados relevantes:

### (A) Preferencia de educadoras

Al preguntar sobre la importancia de la luz natural en jardines infantiles el 100% respondió que sí, y luego al definir por qué, las respuestas se refirieron a temas de ahorro energético, a educación medioambiental; a observar e identificar de mejor manera el entorno, a ayudar a la visión, a reconocer de mejor manera los objetos del aula; a un mejor desarrollo cognitivo y a la absorción de vitamina D.

Un 97% indica que utilizaría luz natural como elemento cotidiano dentro del juego y desarrollo de los niños, porque: despierta los sentidos y sensaciones, fomenta la atracción, imaginación y curiosidad por lo novedoso; incita a la exploración y crea distintos ambientes. Señalan que los niños se interesan mucho por los cambios de luminosidad, los atrae, tranquiliza y alegra. Es importante para su desarrollo cognitivo y aprendizaje de conceptos como luz y sombra, día y noche, formas, colores, reflejos y tamaños. Estimula la vista aumentando las conexiones neuronales. (Figura 6)

De las aulas de los JUNJI, Los Lagos, un 27% tiene orientación principal norte, un 19% este, un 13% oeste, un 10% noroeste, un 9% y un 9% noreste y suroeste, un 7% sureste y un 6% sur. El 46% de orientación N, NO y NE, establece que en la región de Los Lagos sí existe una preocupación por elegir una mejor orientación para el diseño de jardines infantiles; lo que contrasta con el 22% de salas orientadas hacia el S, SO y SE. Asimismo un 19% de salas tendrían luz de mañana y un 13% de salas tendrían luz de tarde.

Se desprende además lo siguiente:

a) De las aulas orientadas principalmente al norte, noroeste y noreste, 63,3% de ellas usan mayormente luz natural, 28,1% de ellas, luz artificial, y 5,6% utilizan ambas.

b) De las aulas orientadas principalmente al sur, suroeste y sureste, 20,5% de ellas usan mayormente luz natural, 73,5% de ellas, luz artificial, y 5,8% utilizan ambas.

c) De las aulas orientadas principalmente al este, 60% de ellas usan mayormente luz natural y 40% de ellas luz artificial.

d) De las aulas orientadas principalmente al oeste, 35% de ellas usan preferentemente luz natural y 50% de ellas luz artificial, y 15% utilizan ambas.

Se observa una tendencia a la luz natural según la orientación hacia el norte: N, NO y NE (63% y 28%) y aulas orientadas al S, SO y SE (20,5% y 73%). En las aulas orientadas al E y O también se observa una tendencia a el uso de la luz natural por sobre a la luz artificial cuando se tiene más acceso a luz de mañana. (Figura 7)

Un 53% de las encuestadas prefieren la luz natural para la sala de clases en la cual trabajan, luego identifican una luz homogénea, y luego destacan la luz artificial y brillos y contraste en casi un mismo nivel.

[21] Marban Vicente. Tipos de Encuesta. Organización y diseño de cuestionarios. Cursos Prácticos. La encuesta Estadística [Internet]. Madrid: Universidad de Alcalá; s/f. [consultado: 24 agosto 2016]. p. 1-39. Disponible en: [http://www3.uah.es/vicente\\_marban/ASIGNATURAS/SOCIOLOGIA%20ECONOMICA/TEMA%205/tema%205.pdf](http://www3.uah.es/vicente_marban/ASIGNATURAS/SOCIOLOGIA%20ECONOMICA/TEMA%205/tema%205.pdf).



Figura 6: Encuestas, JUNJI Los Lagos, 2016. Orientación del aula. FUENTE: Elaboración Propia.

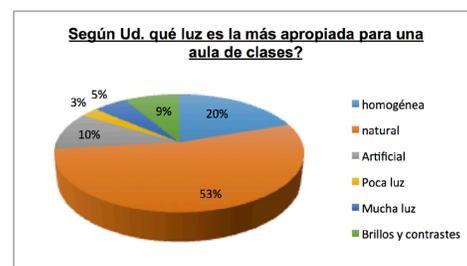


Figura 7: Encuestas, JUNJI Los Lagos, 2016. Luz más apropiada. FUENTE: Elaboración Propia.

### (B) Comportamiento de los niños

Al consultar a las educadoras acerca de la influencia de la luz en el comportamiento de los niños según su observación se tiene lo siguiente: (Figura 8)

La mayoría (86%) comparte la opinión que la luz natural sí varía el comportamiento de los niños. Al ordenar por prioridad, el ánimo queda en primer lugar, seguido por la concentración, luego la curiosidad y tranquilidad, dejando en los últimos lugares la inquietud, desconcentración y el desánimo.

Al sacar la moda (valor más frecuente) esta información se corrobora, quedando el ánimo en el número 1, en el lugar 2 concentración y curiosidad, en el 4 la tranquilidad, 5 la inquietud, 6 desconcentración y 7 desánimo. (Figuras 9, 10 y 11)

En el horario comprendido entre 10 a las 12 horas (mediodía) es el momento en que los niños están más activos. La concentración sin embargo se potencia durante toda la mañana, de 8:00 – 12:00 horas. Y la alegría se daría principalmente de 10:00 a 12:00 y de 14:00 a 17:00 horas. O sea, cuando la luz es más intensa los niños están más activos; con la luz de mañana (antes de mediodía) los niños en general estarían más concentrados. La alegría, según las encuestas, no tiene demasiada relación con la variación lumínica. Todo esto corrobora la importancia del uso de luz natural en la arquitectura infantil, como aporte en su desarrollo.

Asimismo, al diferenciar el comportamiento de los niños en días despejados se tiene lo siguiente: niños con más concentración, disposición para trabajar y aprender, más felices y creativos; más activos, más curiosos y entusiasmados; con ganas de salir al exterior. Más observadores, atentos al clima; mayor energía, aprenden de mejor manera y se contactan con la naturaleza, con el día, la noche y las estaciones del año. También se mencionó que con la luz natural los bebés cuando están enfermos, no se estresan tanto como con luz artificial, con la cual se ponen más irritables.

Y en días nublados se observan más inquietos, desanimados y ansiosos, gritan más. Así como algunos están más somnolientos, desganados y consentidos, sensibles y desconcentrados por la falta de luz; menos participativos y más irritables y agresivos.

## Conclusiones

Al aplicar las tres herramientas de medición se logra un análisis integral: con la matriz de asoleamiento se hace una primera aproximación según orientación y emplazamiento; con el método HDR, en condición de luz real, se comprende y analiza el efecto de la luz. Luego con la herramienta Velux Daylight Visualizer es posible obtener una predicción anual, que permitió entender el comportamiento de las aulas en un período de tiempo específico, según rangos base de luminancia e iluminancia.

Al comparar las orientaciones de las tres aulas estudiadas (NO-SO-SE), se tiene que el mejor comportamiento la tuvieron las aulas Noroeste y Sureste, (caso 1A y caso 2C). Se desprende que la mejor orientación, es la Noreste, dados el horario de uso de los niños y la inclinación del sol en la ciudad de Puerto Montt.

Las fotografías HDR permitieron entender la variabilidad específica de la luz según el día estudiado, permitiendo captar la luminancia interior, según los elementos interiores y exteriores incidentes. Para el caso 1 se desprende que el aula que mejor se comporta es la A de orientación NO.

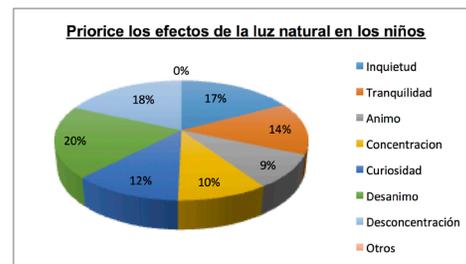


Figura 8: Encuestas, JUNJI Los Lagos, 2016. Priorización del comportamiento según la luz natural. FUENTE:



Elaboración Propia.

Figura 9: Encuestas, JUNJI Los Lagos, 2016. Horario de mayor actividad. FUENTE: Elaboración Propia.



Figura 10: Encuestas, JUNJI Los Lagos, 2016. Horario de mayor alegría. FUENTE: Elaboración Propia.



Figura 11: Encuestas, JUNJI Los Lagos, 2016. Horario de mayor concentración. FUENTE: Elaboración Propia.

Para el caso 2C, se recomienda utilizar revestimientos interiores puros con buen nivel de reflectividad, de preferencia colores claros para los muros y ventanas bajas para que la luz entre de forma más horizontal y distribuida y los niños puedan contactarse con el exterior.

La aplicación de encuestas respaldó la importancia de incluir y potenciar la iluminación natural en el diseño de jardines infantiles, además de que permitió obtener importantes conclusiones acerca de distintos efectos de la luz natural sobre los niños, y su comportamiento a las diferentes horas y condiciones climáticas. Según esto, a mediodía es cuando los niños están más activos y durante toda la mañana se concentran mejor, reforzando que la luz de mañana es vital. Se confirma que la mejor orientación para las aulas de un jardín infantil es la Noreste; lo que precisa lo recomendado por la UNESCO. Las encuestas son una importante herramienta para acercarse a datos y conclusiones para el diseño de espacios de uso infantil.

Si bien existe una preocupación por la arquitectura de jardines infantiles en la Región de Los Lagos, más sensible y sustentable, faltan recomendaciones específicas que faciliten el diseño consciente con la luz natural y la naturaleza como parte del espacio infantil; los que deberían evidenciar el movimiento solar y recrear los brillos, transparencias, reflejos y contrastes propios de la naturaleza.

La revisión bibliográfica permitió comprender que no existen estudios específicos acerca de la iluminación natural y su efecto en niños de esta edad relacionados con arquitectura. Asimismo, no existen métricas destinadas exclusivamente a jardines o espacios infantiles: a partir de los distintos análisis se sugiere un rango de iluminancia aceptable desde 200 lx. Se desprende que la Ordenanza General de Urbanismo y Construcción de Chile, va en contra del diseño óptimo de los jardines infantiles; no hay un marco regulatorio que favorezca un buen diseño. Es más importante para los niños la luz natural y la percepción de cambios climáticos que los ambientes artificiales; que ellos perciban los cambios de intensidad y variaciones a lo largo del día.

Las principales limitaciones de este estudio fue el tamaño de la muestra, la evaluación se hizo solo en un nivel escolar de dos jardines infantiles, por ello no permite generalizar, por lo que debiesen ser incorporados más casos de estudio. Sin embargo permite reconocer el impacto de la luz natural y la relevancia para el desarrollo de los niños en edad preescolar.

#### Trabajos futuros

Es importante continuar con un estudio de casos a través de nuevas mediciones con el método HDR que permitan obtener datos estadísticos comparables, para validar el comportamiento del espacio estudiado bajo distintos tipos de cielo y estaciones; para posteriormente proponer y evaluar posibles mejoras arquitectónicas. También es relevante continuar con el desarrollo de nuevas métricas de diseño lumínico, a través de la observación de comportamiento en terreno y nueva consulta a usuarios.



*María José Pagliero Caro  
Arquitecta, Magister Hábitat  
Sustentable y Eficiencia Energética,  
Facultad de Arquitectura, Construcción  
y Diseño  
Universidad Del Bío-Bío, Concepción,  
Chile  
E-mail: mjpgalieroc@gmail.com*



*María Beatriz Piderit Moreno  
Dr. Arquitecta, Departamento Diseño y  
Teoría de la Arquitectura,  
Facultad de Arquitectura Construcción  
y Diseño  
Universidad Del Bío-Bío, Concepción,  
Chile  
E-mail: mpiderit@ubiobio.cl*

