

Daylighting and the Elderly: A Study of Daylight Accessibility and Envelope Retrofit in Southern Chile's Senior Home

Catalina Alarcón¹, Milena Pincheira¹, M Isabel Rivera^{1,2}, Andrea Martínez¹

¹ Universidad de Concepción, Chile

² Investigadora, Centro de Desarrollo Urbano Sustentable, CEDEUS, Chile.

caalarcon2017@udec.cl

mipincheira2017@udec.cl

mariaisrivera@udec.cl

amartineza@udec.cl

Abstract. In the next 25 years, the elderly population will increase on average to 65 thousand people annually in Chile (INE, 2018). Their independent living is jeopardized partially for diminished visual capacity that difficult spatial perception. Although light does not correct vision impairment, adequate light levels can respond to the needs of older people as preventing visual errors. This study evaluates daylighting availability in an assisting living residence in a southern city in Chile. A quantitative approach resulted in the identification of envelope-retrofit strategies that allow achieving recommended levels of natural lighting, particularly in shared spaces where residents spend most of the day. The results show that it would be possible to achieve better light availability, as it also allows for a better understanding of the contributions of the building envelope. Finally, the study outlines recommendations for future retrofits that meet requirements for visual comfort for a growing senior population.

Keywords: Daylighting Accessibility, Senior Home, Daylighting Strategies, Visual Comfort, Computational Simulation.

1 Introducción

A medida que transcurren los años, a las personas de edad avanzada se les dificulta una vida independiente, al perder parte de su capacidad funcional. Se van presentando limitaciones, problemas físicos y/o mentales, necesitando alguna forma de asistencia a largo plazo para la vida cotidiana, está en

asilos o en hospitales. Por lo tanto, uno de los principales desafíos del envejecimiento poblacional es el cuidado y tratamiento de su declive funcional, por lo que el lugar en el que habiten requiere de condiciones favorables para la que disminuya el grado de dependencia. Sin embargo, algunos de los problemas más comunes que han sido identificados en residencias son barreras arquitectónicas, falta de iluminación y ventilación, recintos cerrados y disposiciones espaciales que no fomentan la autovalencia, lo que genera un empeoramiento de la salud de los adultos mayores (Rudolph, 2006).

En particular, el sentido de la visión nos mantiene en contacto con el entorno; sin embargo, al envejecer se identifica la generación de cambios que dificultan la comprensión o la percepción del medio (Waldmann, 2016). Al respecto de las condiciones lumínicas, se recomienda evitar el deslumbramiento, es decir, se debe controlar la luz para disponerla de forma difusa preferentemente (Muros Alcojor, 2017). La luz directa genera en los adultos mayores deslumbramiento por reflejos y sombras desfavorables, confusión por reflejos en el suelo, además se percibe la sala oscura y opresiva (Waldmann, 2016).

Los adultos mayores que poseen 85 años o más requieren cinco veces más luz que una persona de 20 años y los que se encuentran alrededor de los 60 años, requieren tres veces más para la realización de distintas actividades (Muros Alcojor, 2017). Dichos requerimientos lumínicos han sido identificados, y descritos en la Tabla 1.

Tabla 1. Niveles de iluminación recomendados para adultos mayores e Iluminancia media mínima mantenida.

Áreas	Iluminancia para adultos mayores		Niveles de iluminación en general	
	Lux	Candela (footcandles)	Lux	Candela (footcandles)
Áreas activas (solo de día)	300	30	200	---
Sala de estar	300	30	200	2
Cuarto	300	30	50	5
Baño	300	30	300	28
Área de cocina	300	30	100	9
Pasillos	300	30	30	3
Comedor	500	50	100	9
Área de fisioterapia	300	30	---	---
Terapia ocupacional	300	30	---	---

Fuente: Illuminating Engineering Society of North America, 2016. Oca Samantha, 2019.

Un buen diseño para el acceso de iluminación natural se relaciona con mitigación del deterioro de la vista del adulto mayor, la cual ayuda a evitar errores visuales y prevenir las caídas, lo que también ayuda a restaurar la confianza en sí mismo (Waldmann, 2016, p.5). En este contexto, por medio de la arquitectura se pueden diseñar espacios mucho más iluminados que ubican como punto central el ingreso de luz natural, en pro de establecer soluciones espaciales integrales para el bienestar social, psicológico y físico del adulto mayor. Para dicho fin, se destacan el uso de estrategias pasivas en la solución espacial que ayudan a aliviar las deficiencias fisiológicas del adulto mayor desde la perspectiva lumínica (Valderrama, 2020).

Entre las estrategias pasivas más efectivas se destacan (Lechner, 2008; CITEC, 2012, & Decon, U., 2012):

- Lucernarios verticales o linternas: áreas elevadas sobre la cubierta para proporcionar luz al espacio interior. También conocidas como linternas, éstas son operables y generalmente abiertas a más de una orientación.

- Lucernarios horizontales o claraboyas: elementos que se abren a una gran zona de cielo sin obstrucciones.

- Celosías, cortasoles o quiebra vista: son enrejados de pequeños listones, generalmente de madera o hierro, que se colocan en las ventanas y otros huecos.

2 Metodología

La investigación es de tipo descriptiva y se desarrollará desde un enfoque cuantitativo, basado en el análisis de datos generados a partir de análisis de simulación de niveles lumínicos en un Establecimiento de Larga Estadía para Adultos Mayores (ELEAM) ubicado en la Región del Biobío. El estudio se basa en la recopilación de antecedentes planimétricos y constructivos que permitieron modelar el edificio en un programa de diseño (Revit) para desarrollar simulaciones usando el plugin Sefaira (Sefaira, 2021). El estudio se focaliza en uno de los espacios de mayor permanencia de los residentes.

Se describe un análisis comparativo tanto de las condiciones actuales así como de las estrategias pasivas de iluminación natural potenciales de implementar en un mejoramiento de la envolvente de este espacio. Inicialmente, y con el fin de establecer el diagnóstico, se compara los niveles actuales de iluminancia existente respecto a los requerimientos mínimos de iluminación natural recomendados internacionalmente, referidas en la Tabla 1. Seguidamente, se aplicarán estrategias de iluminación natural en la envolvente del espacio -lucernarios verticales y horizontales, celosías - en estudio para así

compararlas y determinar aquellas que permitan una distribución homogénea y en niveles de iluminancia según estándares internacionales.

2.1 Caso estudio

Al 2017, un total de 183.145 adultos mayores vivían en la región del Bio Bío, correspondiendo al 9,1 % del total de adultos mayores del país, y el tercero con mayor número a nivel nacional (Instituto Nacional de Estadísticas, 2017). El modelo de Establecimientos de Larga Estadía para Adultos Mayores (ELEAM) fue creado por el gobierno para proveer de residencia y/o apoyo a personas mayores en el 60% más vulnerable de la población. Dichos adultos mayores, ya sea por motivos biológicos, psicológicos o sociales, requieren de un medio ambiente protegido y cuidados diferenciados para la mantención de su salud y funcionalidad, siendo el promedio de edad de ingreso de sus residentes 78 años (Servicio nacional del adulto mayor, 2021).

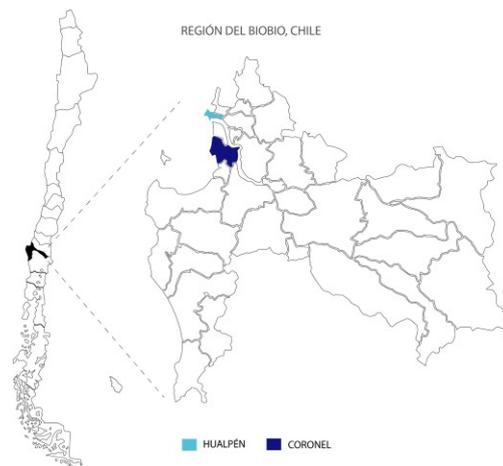


Figura 1. Localización de las dos comunas con ELEAM existentes en la Región del Biobío.

El presente estudio se basa en el ELEAM de la ciudad de Coronel (Figura 1), perteneciente a la comuna del mismo nombre en que 9,8% son adultos mayores (Censo 2017). El ELEAM, Señora Rosa Amelia Ogalde Cortés, se ubica en una zona residencial que presenta construcciones de baja escala. El edificio no cuenta con mayores obstrucciones solares, ya que colinda hacia el norte y al poniente con terrenos eriazos, hacia el sur con viviendas de dos niveles y hacia el oriente con la calle Riquelme. El edificio de un nivel de 839 m², cuenta con una capacidad para 30 adultos mayores (Figura 2).



Figura 2. Planta ELEM Señora Rosa Amelia Ogalde Cortés. Nota. Elaborado en base a planimetría facilitada por MINVU, 2021.

Para seleccionar el recinto donde existe una mayor permanencia de los adultos mayores durante el día, se utiliza el programa diario del ELEM con los respectivos espacios para cada actividad. El recinto más utilizado es el Salón 1, el cual es destacado en la Figura 2. En este espacio se desarrollan labores de talleres, comidas, curaciones, horas de ocio y recreación en general (N. C. Troncoso, comunicación personal, 12 de mayo de 2021).

Para el análisis se consideran los dos días más críticos del año, días en que el sol alcanza la posición más alta y más baja en el horizonte en el hemisferio sur, solsticio de verano (21 de diciembre) e invierno (21 de junio). En relación a los horarios de análisis, se considera 10am, 1pm y 4pm (un horario que en invierno exista acceso a luz solar directa) para representar posiciones mínima, intermedia y máxima del sol respecto a su ubicación.

2.2 Simulación de iluminancia y elección de estrategias

Análisis de iluminancia

Se utilizó la herramienta “Natural lighting analysis” en Sefaira, opción que permite evaluar los resultados de manera “estática”, asignando la fecha, hora y tipo de cielo específicos. Se estableció como altura del plano de trabajo 60 cm sobre el suelo. Se define un objetivo de rango de luz ambiental homogénea y no directa, con niveles de lux de un mínimo de 300 lux y no superior a los 600 según lo descrito en Tabla 1. Se utiliza la opción cielo despejado en las tres horas de análisis, ya que es cuando más se denota el acceso solar directo y por ende las diferencias de la luz. Esto permite mostrar la posible existencia de excesiva o escasa iluminación natural. Para el día nublado se estableció solo una hora de análisis.

Estrategias

Considerando que las estrategias existentes son ventanas básicas, esta se combina con otras estrategias, las cuales se describen en la Tabla 2. Entre ellas, la incorporación de lucernario permite una mejor distribución de la luz, y potencialmente permitir 3 veces más iluminación natural que las ventanas. Se calcula el área de acristalamiento del lucernario según la fórmula, la cual define que el factor de luz diurna es igual a N (depende de si es DF mínima o máxima por, área de ventana dividido área de piso (Grondzik, W. T., & Kwok, A. G. 2019).

En consideración al potencial encandilamiento de las ventanas perimetrales existentes, se revisa la opción de implementarles celosías. Las dimensiones se testean en el plugin para determinar aquellas que son más efectivas.

Tabla 2. Set de estrategias pasivas propuestas para Salón 1.

E1. Lucernario horizontal + celosías en ventanas	E2. Lucernario horizontal + ventanas básicas existentes	E3. Lucernario vertical + ventanas básicas existentes	E4. Lucernario vertical + ventanas con celosías
			

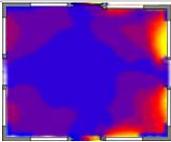
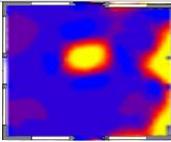
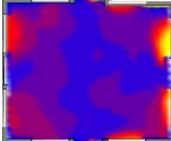
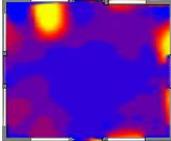
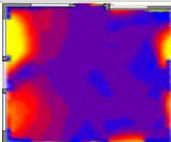
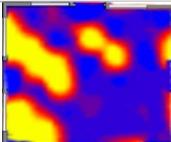
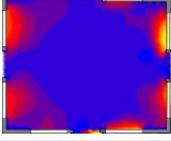
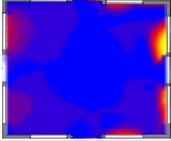
El análisis se realizó el 21 de diciembre, con condiciones de un día despejado a las 1pm, horario más cercano al solsticio. Para comparar las propuestas de estrategias de iluminación natural con los niveles de iluminancia actuales, se obtiene el área de cada color según el rango de lux que entrega Sefaira, para obtener el porcentaje de cada uno respecto del área total del recinto, el cual constituye el 100%.

3 Resultados

3.1 Diagnóstico

Los niveles de iluminancia obtenidos en tres horarios, en dos fechas críticas, especificando dos tipos de cielo (Tabla 3).

Tabla 3. Niveles de iluminación (en lux) actuales.

Tipo de cielo: Despejado								
HR	Solsticio de verano	Bajo rango (%)	En rango (%)	Sobre rango (%)	Solsticio de invierno	Bajo rango (%)	En rango (%)	Sobre rango (%)
10am		80%	17%	3%		84%	8%	8%
1pm		73%	26%	1%		83%	13%	4%
4pm		64%	32%	4%		60%	19%	21%
Tipo de cielo: Nublado								
1pm		80%	19%	1%		92%	7%	1%
Bajo rango: 0-99 lux  100-199 lux  200-299 lux 		En rango: 300-399 lux  400-599 lux 		Sobre rango: 800-1000 lux 				

Nota. Elaborado en base a resultados de Sefaira.

Se visualiza que niveles adecuados de iluminación son insuficientes la mayor parte del año en el salón, no alcanzando ni siquiera un tercio del área en el mejor de los escenarios. Asimismo, la luz no presenta distribuciones homogéneas. La disponibilidad de luz que ingresa por las ventanas existentes es generalmente intensa las áreas perimetrales, lo cual es potencial fuente de deslumbramiento, especialmente en las tardes de invierno con días despejados. Niveles deficientes al centro del recinto se observan la gran parte del año.

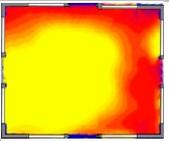
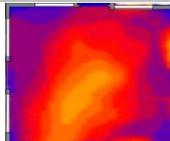
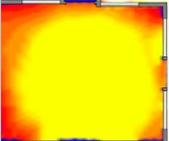
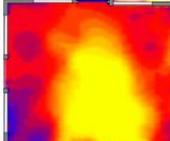
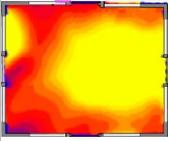
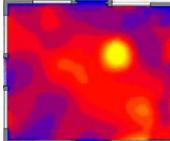
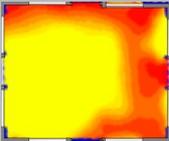
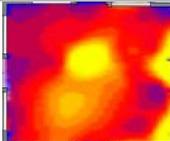
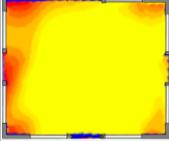
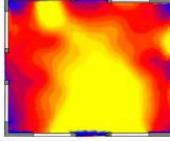
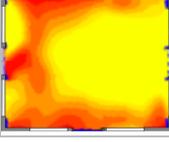
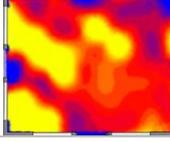
Durante el solsticio de invierno se presenta una excesiva iluminancia cercana a ventanas debido a la ubicación del sol en un ángulo bajo en el horizonte.

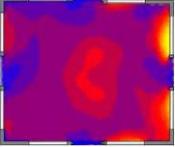
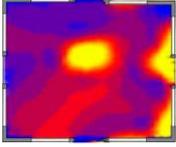
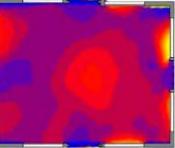
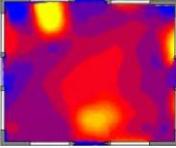
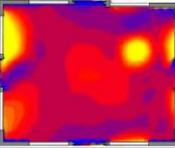
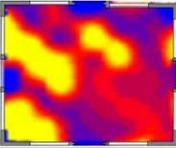
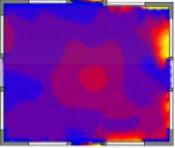
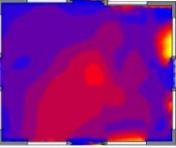
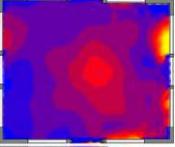
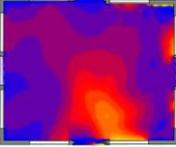
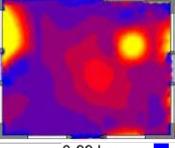
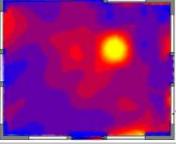
En el caso de días nublados no se alcanzan niveles óptimos de iluminancia debido a la poca intensidad lumínica y por las estrategias implementadas.

3.2 Estrategias

La Tabla 4 describe los niveles lumínicos resultante comparativamente para las 4 estrategias de mejoramiento propuestas para el salón en estudio.

Tabla 4: Comparación de niveles y distribución lumínicas (lux) de las estrategias de iluminación natural.

E1: Lucernario horizontal + celosías en ventanas								
HR	Solsticio de verano	Bajo (%)	En rango (%)	Sobre (%)	Solsticio de invierno	Bajo (%)	En rango (%)	Sobre (%)
10 am		0%	29%	51%		21%	63%	0.8%
1 pm		0%	13%	67%		7%	52%	27%
4 pm		0%	36%	43%		6%	91%	3%
E2: Lucernario horizontal + ventanas básicas existentes								
10 am		0%	20%	52%		12%	63%	13%
1 pm		0%	4%	96%		7%	41%	52%
4 pm		0%	15%	50%		9%	50%	25%

E3: Lucernario vertical + ventanas básicas existentes								
HR	Solsticio de verano	Bajo (%)	En rango (%)	Sobre (%)	Solsticio de invierno	Bajo (%)	En rango (%)	Sobre (%)
10 am		69%	30%	1%		54%	38%	8%
1 pm		81%	18%	1%		44%	52%	4%
4 pm		25%	67%	8%		30%	46%	24%
E4: Lucernario vertical + ventanas con celosías								
10 am		64%	34%	1%		51%	47%	1%
1 pm		49%	50%	1%		49%	50%	1%
4 pm		35%	59%	6%		78%	20%	2%
0-99 lux  100-199 lux  200-299 lux  Bajo rango:		300-399 lux  400-599 lux  En rango:		800-1000 lux  Sobre rango:				

Nota. Elaborado en base a resultados de Sefaira.

Se denota un exceso de iluminancia en el caso de las dos primeras propuestas (E1 y E2) ya que en verano más del 60% del área supera el rango de 800 a 1000 lux y en invierno gran parte del área supera los recomendados. Al observar las dos últimas estrategias (E3 y E4) se aprecia que logran mejores niveles de iluminancia en comparación con las dos primeras. Al comparar estas dos propuestas de estrategias de iluminación natural, en el caso del E3,

se muestra un exceso de luz directa en los tres horarios, esto debido a la condicionante de falta de control solar en las ventanas. Por lo tanto, E4 resulta con el mejor balance de niveles y distribución lumínica.

4 Discusión

La Tabla 4 muestra comparativamente los porcentajes de área dentro de los tres rangos definidos en el análisis (bajo rango, en rango adecuado, y sobre rango).

Se dilucidó que el lucernario vertical permite acceso de iluminación por el centro del recinto, lo que actualmente no ocurre en el salón ya que se presentan rangos de 0-199 lux hasta en 84% de su superficie. La estrategia E4 permite reducir esa falta de iluminación al menos en la mitad de la superficie del salón.

La condición de exceso de niveles de lux en invierno por las ventanas existentes, se ve tamizada con la implementación de celosías. La prolongación de ese exceso de luz debido a la baja inclinación del sol.

La falta de iluminación en los días nublados por las protecciones se demuestra una baja en los niveles de iluminancia. Por el lucernario no acceden suficientes niveles de luz.

Tabla 4: Comparación niveles lumínicos en rangos definidos para la situación actual del salón y de las estrategias analizadas.

HR	Solsticio de verano	Bajo (%)	En rango (%)	Sobre (%)	Solsticio de invierno	Bajo (%)	En rango (%)	Sobre (%)
10 am	ACTUAL	80%	17%	3%	ACTUAL	84%	8%	8%
	E1	0%	29%	51%	E1	21%	63%	0.8%
	E2	0%	20%	52%	E2	12%	63%	13%
	E3	69%	30%	1%	E3	54%	38%	8%
	E4	64%	34%	1%	E4	51%	47%	1%
1 pm	ACTUAL	73%	26%	1%	ACTUAL	83%	13%	4%
	E1	0%	13%	67%	E1	7%	52%	27%
	E2	0%	4%	96%	E2	7%	41%	52%
	E3	81%	18%	1%	E3	44%	52%	4%
	E4	49%	50%	1%	E4	49%	50%	1%
4pm	ACTUAL	64%	32%	4%	ACTUAL	60%	19%	21%
	E1	0%	36%	43%	E1	6%	91%	3%
	E2	0%	15%	50%	E2	9%	50%	25%
	E3	25%	67%	8%	E3	30%	46%	24%
	E4	35%	59%	6%	E4	78%	20%	2%

Los espacios de mayor permanencia del ELEAM Senama, en la actualidad no cumplen con los niveles mínimos requeridos para los adultos mayores según la IES, que es aún insuficiente para el promedio de las personas, especialmente en invierno. A pesar de existir un gran número de ventanas en el salón, éstas no permiten el acceso óptimo de iluminancia y luz homogénea en los espacios. Solo un bajo porcentaje del área cumple con los lux recomendados, pero en su mayoría sectores cercanos a los vanos superan los niveles óptimos, presentando posibles problemas de encandilamiento.

Como se analizó, los lucernarios horizontales si bien proveen mayores niveles de iluminación al centro del salón, resultan en un exceso de luz directa. Esta condición no responde a las necesidades del adulto mayor ya que requieren de una iluminación indirecta para evitar el encandilamiento.

Las estrategias de celosías en ventanas básicas permitieron limitar la penetración de luz solar directa, del mismo modo otorgaron un acceso óptimo de iluminación y distribuirla homogéneamente en el espacio. Además, entregan una múltiple función las cuales pueden otorgar privacidad y seguridad al recinto. Una desventaja de las celosías es que reducen las vistas hacia el exterior si no son móviles.

Al aplicar una estrategia de iluminación natural de lucernarios verticales se observó una iluminación más uniforme en un rango aproximado de 300 a 400 lux. Por lo que se verifica que los lucernarios verticales en conjunto con las celosías resultaron como la mejor opción para implementar en el recinto de mayor permanencia del caso de estudio.

5 Conclusión

Asistido por herramientas de análisis y simulación para análisis temprano (Sefaira), permitió tener una rápida corroboración de la falta de niveles lumínicos recomendados en espacios de alta permanencia en la residencia para adultos mayores usada como caso estudio. Se obtuvo una buena representación de las problemáticas espaciales-funcionales derivadas de la falta o exceso de iluminación. Tras el análisis de distintos esquemas de mejoramiento, se determinó que la incorporación de lucarnas verticales son una alternativa efectiva en el mejoramiento de espacios que disponen tradicionalmente ventanas.

Si bien es cierto, este tipo de herramientas no permite integrar elementos importantes como colores, materialidades, contexto y elementos que se encuentran en estos espacios, aún permite dilucidar alternativas en etapas tempranas de decisión para el mejoramiento de edificios existentes. Este estudio es ilustrativo en la tarea de mejorar espacios habitables a través de intervenciones en la envolvente arquitectónica, que permitan lograr mayor confort visual, especialmente cuando los usuarios son adultos mayores, una parte de la población que va en importante incremento en los próximos años.

Agradecimientos. Las autoras agradecen el apoyo para la investigación proporcionado por las siguientes personas/instituciones: Facultad de Arquitectura, Urbanismo y Geografía (FAUG) de la Universidad de Concepción; Aldo Alonso Bernal, Encargado Regional del Programa Habitacional para Adultos Mayores de la Seremi de Vivienda y Urbanismo Región del Biobío, Gobierno de Chile; Nieves Colla Troncoso, Directora del ELEM Señora Rosa Amelia Ogalde Cortés de Coronel. Se agradece también a Proyectos ANID PAI-77180057 y CEDEUS, ANID/ FONDAP 15110020.

Referencias

- CITECUBB., Decon UC., Ingeniería DICTUC., Idiem (2012). *Manual de diseño pasivo y eficiencia energética en edificios públicos*. Instituto de la construcción.
- Grondzik, W. T., & Kwok, A. G. (2019). Chapter 8 Daylighting. *Mechanical and electrical equipment for buildings* (1-1855) John Wiley & Sons.
- Illuminating Engineering Society of North America (2016). *Minimum maintained average illuminance*. Lighting and the Visual Environment for Senior Living (RP-28-07).
- Instituto Nacional de Estadísticas (2018). *Estimaciones y Proyecciones de la Población de Chile 1992-2050, total país*.
- Instituto Nacional de Estadísticas (2017). *Resultados CENSO 2017*. <http://resultados.censo2017.cl/Region?R=R08>
- Lechner, N. (2008). *Iluminación natural. Tectónica: monografías de arquitectura, tecnología y construcción* (26), 4-25. http://www.tectonica.es/arquitectura/iluminacion/natural/tectonica_26.html
- Muros Alcojor, A. (2017). *La luz interior para personas con problemas de demencia*. *Icandela* (26), 12-18.
- Oca, S. (8 de marzo de 2019). *Residential Recommended Lighting Levels*. Recuperado el 25 de mayo de 2021 <https://www.superbrightleds.com/blog/residential-recommended-lighting-levels/6548/>
- Rudolph, C. R. (2006). *Centro Integral para el adulto mayor*. [Tesis pregrado, Universidad de Chile] Repositorio académico de la Universidad de Chile. http://repositorio.uchile.cl/bitstream/handle/2250/100953/ruiz_c.pdf?sequence=3&isAllowed=y
- Sefaira (12 de Agosto de 2021) *Section 2B: Accessing Sefaira with the Revit Plugin*. <https://support.sefaira.com/hc/en-us/articles/360012860597-Section-2BAccessing-Sefaira-with-the-Revit-Plugin->
- Servicio nacional del adulto mayor (Abril de 2021) *Establecimientos de Larga Estadía para Adultos Mayores (ELEM)* <http://www.senama.gob.cl/establecimientos-de-larga-estadia-para-adultos-mayores-elem>
- Valderrama, M. B. (2020). *Iluminación Circadiana en Vivienda para el Adulto Mayor Autovalente en Clima Templado Lluvioso*. [Tesis magister, Pontificia Universidad Católica de Chile] Repositorio UC. <https://repositorio.uc.cl/handle/11534/28926>
- Waldmann (2016). *Iluminación para cuidado de ancianos*. Waldmann engineer of light.