



# Evaluación de Estrategias de Iluminación y Ventilación Natural en etapas tempranas del proceso de diseño de un Edificio de Oficinas en Talca, Chile

## Evaluation of Lighting and Natural Ventilation Strategies in early stages of design process of an office-building in Talca, Chile

### C. Matías Tapia Maureira

Departamento de Diseño y Teoría de la Arquitectura, Universidad del Bío-Bío  
Avenida Collao N° 1202, 4030000, Concepción, Chile  
[cristopher.tapia1601@alumnos.ubiobio.cl](mailto:cristopher.tapia1601@alumnos.ubiobio.cl)

### Carolina Espinoza Sanhueza

Departamento de Diseño y Teoría de la Arquitectura, Universidad del Bío-Bío  
Avenida Collao N° 1202, 4030000, Concepción, Chile  
[cespinozasanhueza@gmail.com](mailto:cespinozasanhueza@gmail.com)

### Humberto Fuentes González

Departamento de Diseño y Teoría de la Arquitectura, Universidad del Bío-Bío  
Avenida Collao N° 1202, 4030000, Concepción, Chile  
[hjfuentesg@gmail.com](mailto:hjfuentesg@gmail.com)

Manuscript Code: 042

Date of Acceptance/Reception: 06.07.2018/31.05.2018

### Resumen

Durante las etapas tempranas de diseño, es importante definir estrategias pasivas, las cuales determinarán aspectos básicos del edificio, como su morfología, programa interior y orientación. Debido a que no es posible realizar una simulación exhaustiva, se utilizan herramientas de menor envergadura, los cuales entregarán resultados que pueden orientar a diseñadores y arquitectos a optar por mejores estrategias pasivas en edificios. El caso de estudio corresponde al mejoramiento de un edificio de oficinas en la ciudad de Talca VII Región de Chile, a través de la incorporación integrada de estrategias de iluminación y ventilación natural evaluando su eficacia mediante las herramientas Velux Daylight Visualizer y Optivent. Los resultados muestran mejoramiento a través del cambio de niveles de reflectancia en superficies interiores, modificación de áreas de ventanas e implementación de elementos para el confort visual dentro del área de trabajo. En el caso de la ventilación natural el estudio da luces sobre la importancia del contexto urbano y emplazamiento, como también el software de simulación muestran la necesidad de uso de estrategias activas cuando las estrategias pasivas no son suficientes para asegurar la calidad del ambiente interior. El uso de estas herramientas permite tomar decisiones tempranas de diseño y eficiencia energética en edificios con el fin de mejorar su ambiente interior y propuesta conceptual.

**Palabras claves:** Etapa inicial de diseño; simulación; estrategias pasivas; ventilación natural, iluminación natural.

### Abstract

During the early stages of design, it is important to define passive strategies; which will determine basic aspects of the building, like morphology, interior program and orientation. According to the fact that is not possible to perform an exhaustive simulation, some tools are used, which deliver results that can guide designers and architects to opt for better passive strategies in buildings. The case of study corresponds to an improvement of an office building in Talca, VII Region in Chile, through the integration of lighting strategies and natural ventilation, simulating the efficiency with Velux Daylight Visualizer and Optivent. The results show the improvement changing the reflectance coefficient in interior surfaces, modification of the window area and the implementation of elements for the visual comfort. In the case of natural ventilation, the study shows the importance of the urban context and location, also how the simulation software shows the need to use active strategies when passive strategies are not enough to guarantee the air quality in the interior environment. The use of these tools allows taking early decisions for design and energy efficiency in buildings in order to improve the indoor environment and conceptual proposal.

**Keywords:** initial stage of design; simulation, passive design; natural ventilation, natural lighting, simulation.

## Introducción

Las etapas tempranas del diseño de edificios son cruciales para optimizar al máximo la utilización de recursos y reducir los costos del edificio en su etapa de construcción y operación (Löhnert, Dalkowski, and Sutter 2003). En el marco del diseño sostenible y de la incorporación de criterios de eficiencia energética a los edificios, se hace necesario contar con herramientas de cálculo y simulación que permitan anticipar el comportamiento del edificio en términos energéticos, térmicos y lumínicos. Programas como Design Builder, TAS, IESVE, etc, están concebidos para calcular la performance de edificios en una etapa avanzada de diseño y, por su complejidad, no resultan prácticos para evaluar la integración de estrategias de diseño en las fases iniciales del proceso. No obstante, es posible abordar esta etapa a través de la utilización de programas de cálculo y simulación de una envergadura menor, que pueden ayudar a tomar decisiones

tanto respecto de la forma y orientación de los edificios, como de la incorporación de estrategias lumínicas y de ventilación natural.

En el presente estudio se analiza la utilización de dos de estos programas de cálculo en la elaboración de una propuesta de mejoramiento de un edificio de oficinas para el contexto climático de la ciudad de Talca, Región del Maule, Chile, en términos de su comportamiento lumínico y de ventilación natural, evaluando la incorporación de distintas estrategias para optimizar su situación inicial.

## Estado del arte del problema

La ciudad de Talca (Lat: 35,5°S; Long: 71,7° W) se ubica al interior de la VII Región del Maule, en la macrozona denominada centro-sur de Chile, y se caracteriza por tener un clima templado cálido con lluvias invernales (Riosco, Reinaldo y Tesser, 2018), propio de los valles transversales de la zona central chilena. Se encuentra dentro de la zona climática 5 Centro Interior (MOP 2011). Se realiza un análisis del clima de Talca utilizando, por un lado, el módulo Weather Tool de Autodesk Ecotect y Climate Consultant, identificando que la ciudad posee una época cálida, desde diciembre a marzo, con máximas sobre los 30<sup>a</sup> y una fría entre junio y septiembre. Se caracteriza por amplitudes térmicas que superan los 15°C. La radiación incidente es más fuerte durante las estaciones intermedias debido a la inclinación solar. Los vientos predominantes tienen orientación SO durante el verano, y N-S en el invierno.

Dado un edificio que se ubicará en esta ciudad, denominado como “caso base”, se elabora una propuesta integrando estrategias pasivas de diseño para mejorar su performance en materia de iluminación y ventilación natural considerando el contexto climático, para lo que se utilizan diferentes herramientas de cálculo y simulación. El caso base consiste en un edificio de concreto armado de 6 plantas y un subterráneo, que cuenta con un porcentaje de acristalamiento del 32%. Los niveles de iluminancia al interior del edificio son insuficientes para las tareas a realizar y las condiciones para provocar ventilación natural existentes no satisfacen los requerimientos de renovaciones aire. Para elaborar una propuesta de mejoramiento del edificio, se debe considerar la oscilación térmica anual que caracteriza el clima. En términos de iluminación natural, se deben aumentar los niveles de iluminancia interior sin incrementar las ganancias directas, ya que podría provocar sobrecalentamiento durante el verano. Esto obliga a que las estrategias de iluminación natural deban articularse con estrategias de control solar. A su vez, las estrategias de ventilación natural deben estar orientadas a ventilar y enfriar los espacios interiores sin provocar pérdidas desmedidas durante el invierno.

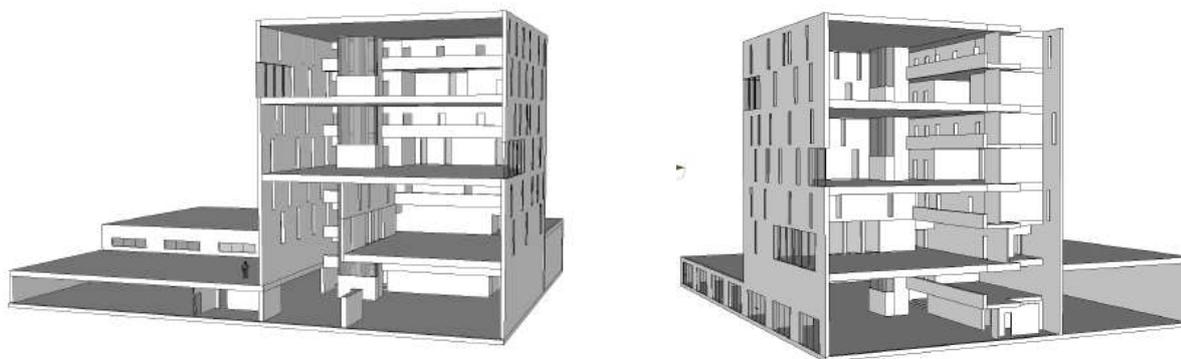


Figura 1. Edificio caso base (Fuente: elaboración propia)

En general, se evalúa provocar ventilación natural a través de efecto-stack. Además, se replantea la distribución de las superficies acristaladas y la distribución de los espacios interiores para aprovechar de mejor manera la luz diurna. Se proponen estrategias de iluminación y ventilación natural que otorguen las condiciones adecuadas para utilizar el subterráneo como sala de exposiciones. Además, se elabora una propuesta urbana con relación al emplazamiento del edificio que apoya las estrategias evaluadas a través del análisis de asoleamiento y de exposición a vientos.

## Metodología

El mejoramiento del edificio se abordó a través de dos vías; la primera de ellas consistió en el levantamiento y evaluación del caso base que permitió determinar las condiciones iniciales del edificio en términos lumínicos y de ventilación e identificar aquellos aspectos que pueden mejorar en su comportamiento. Simultáneamente, se analizó el clima de la ciudad de Talca y el microclima existente en el lugar de emplazamiento del edificio utilizando Autodesk Ecotect para el análisis de asoleamiento y Autodesk Flow Design para el análisis de exposición a los vientos. Con ello fue posible

identificar estrategias pasivas adecuadas para incorporar integradamente al edificio, elaborando una propuesta conceptual que fue posible de evaluar en Velux Daylight Visualizer y Optivent.

### Análisis de emplazamiento y propuesta de forma.

Para determinar las estrategias pasivas a incorporar en el mejoramiento del edificio fue necesario primeramente analizar las condiciones existentes en el entorno del sitio de emplazamiento escogido, para ello se consideró al análisis de influencia de los elementos circundantes en materia de asoleamiento y de exposición a los vientos predominantes. Para ello se realiza un modelo conceptual del sitio y su entorno en el software Google Sketchup, que es importado a las dos herramientas de análisis. La exposición al viento se realizó utilizando la herramienta Autodesk Flow Design y arrojó que la principal brecha que se debe sortear para la incorporación de estrategias de ventilación natural es la baja velocidad del viento existente. Las masas arbóreas hacia el sur provocando una sombra de viento de 8 metros, por lo que el edificio deberá retraerse para contar con una velocidad de viento adecuada que permita una ventilación natural.

Con esta información fue posible ubicar el edificio en un lugar del predio elegido. Se realiza un análisis de asoleamiento y exposición radiativa directa en Autodesk Ecotect, donde se obtuvieron resultados de condiciones favorables para estrategias de iluminación natural cuando el edificio estaba orientado ortogonalmente en los puntos cardinales, con altos aportes radiativos desde el norte y poniente y en la cubierta del edificio. Se realiza un análisis de las fachadas del edificio según sus distintas orientaciones. La fachada norte y poniente, además de la cubierta, son cálidas durante el invierno y verano al estar expuestas a las ganancias directas radiativas, constituyendo también la fuente de luz natural y de almacenamiento de calor a través de la masa térmica del concreto. Estas fachadas debían contar con protección solar para evitar el sobrecalentamiento en verano. Por su parte la fachada sur al no recibir ganancias directas y quedar expuesta al viento, constituye una fachada fría de pérdida de calor. Fachada oriente no es muy significativa, recibiendo ganancias directas durante las primeras horas de la mañana.

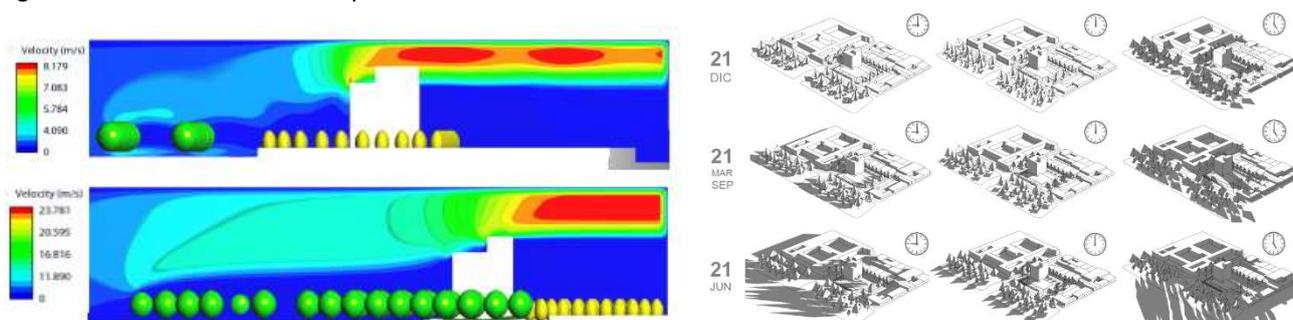


Figura 2. Der: análisis de sombra de viento en Autodesk Flow Design. Izq: análisis de asoleamiento en Autodesk Ecotect (Fuente: elaboración propia)

Para determinar estrategias de ventilación natural no es posible considerar aquellas que utilicen la velocidad del viento, por lo que se decide utilizar el diferencial de temperaturas entre la fachada sur, fachada fría expuesta al viento, y la cubierta, superficie caliente por ganancias directas y masa térmica, provocando efecto stack a través de la construcción de *un espacio atrio* interior que permite que el viento incidente desde las aperturas en la fachada sur se movilizara hacia el techo del edificio, donde una apertura permite expulsar el aire exhausto. Esta estrategia se apoya a su vez en la colocación de espejos de agua en el perímetro de la fachada sur que enfrían el viento antes de ingresar el edificio a través de efecto evaporativo.

Fue posible también, elaborar una propuesta inicial para el mejoramiento de edificio que abordara la oscilación térmica anual: protección solar en fachadas norte y poniente, utilizando celosías verticales y horizontales respectivamente. En el norte las ventanas deberán contar con estrategias de optimización de la iluminación natural que no comprometan un aumento en las ganancias directas; se deberán utilizar cristales de baja transmisión radiativa. Hacia el poniente, se utilizarán ventanas verticales con el mismo tipo de cristales. Se deberá utilizar la masa térmica de la fachada norte y poniente del edificio a través de una aislación exterior, pero a su vez se deberá permitir la ventilación nocturna para enfriar. Se deberán utilizar elementos vegetales caducos que obstruyan las ganancias directas en verano y las permitan en invierno. La fachada sur deberá contar con ventanas pequeñas que eviten una pérdida calórica desmedida en invierno y operables para provocar ventilación y enfriamiento natural en verano. Durante el invierno se preferirá la ventilación sólo a través de rejillas. La cubierta tendrá una chimenea solar con una altura que provoque el efecto stack deseado, su abertura deberá provocar efecto venturi para acelerar la expulsión de aire exhausto. Otras áreas de la cubierta deberán contar con protecciones que eviten la exposición directa de este elemento a la radiación solar.

### Estrategias de Iluminación Natural.

Debido a que esta investigación está orientada a utilizar herramientas de simulación para comprender las eventuales condiciones del ambiente interior del edificio, es necesario comprender su uso y requerimientos. El edificio cuenta con programa de oficina y sala de exposiciones, por lo que las necesidades de iluminación van acorde a la tarea. El confort visual está relacionado con niveles de iluminancia, luminancia y coeficiente de reflexión de las superficies para garantizar uniformidad en el ambiente luminoso. Se toman los valores requeridos para garantizar confort visual en ambiente interior contenidos en los TDR (2011). Los resultados de la primera evaluación del caso base se muestran en la tabla 1.

**Tabla 1.** Evaluación caso base en términos lumínicos.

Iluminancia		
	Iluminancia tarea o área de trabajo (lux)	Iluminancia entorno inmediato (lux)
OFICINA - 21 de junio – 12:00	174.4	277.9
SALA DE EXPOSICIONES 21 de Dic. – 12:00	107.3	24.2
Reflectancia de las superficies		
Elemento	Materialidad	Coef. reflectancia%
Muro	Hormigón pulido	0.4
Cielo	Hormigón Pulido	0.4
Piso	Hormigón Pulido	0.4
Plano de trabajo	Madera	0.6

Respecto a los niveles de iluminancia en oficinas durante el día más desfavorable, 21 de junio, el área de trabajo cuenta con valores bajo de lo recomendado, incluso siendo un área de exposición solar directa. Para el caso de la sala de exposiciones, si bien cuenta con valores inferiores a 300 lux para el 21 de diciembre, el contraste de luminancias entre superficies de tarea y fondo está por sobre lo recomendado de la Tabla 1, por lo que se deberán buscar estrategias que aseguren la uniformidad del ambiente luminoso. Con respecto al coeficiente de reflectancia presente en los muros interiores, es posible determinar una mala distribución de la luz natural dentro del espacio, incumpliendo lo establecido en la Tabla 1, pudiendo provocar molestias por parte de las fuentes de iluminación al no existir uniformidad en el ambiente luminoso, así también focos de atención que podrían producir desconcentración y un mal desempeño en las tareas. Para el mejoramiento del caso base se ha generado una distribución interior en las oficinas, donde las tareas con mayor exigencia visual se posicionan en las zonas con mayor disponibilidad de luz día, así también en la sala de exposiciones, garantizando una buena relación de luminancias entre tarea y entorno con el fin de cuidar el acceso de luz natural que deben tener los objetos que hacen parte de una colección de museo (Hefferan 2008). En ambos casos se determinan zonas en las que existen un alto requerimiento de iluminación, un mediano requerimiento de iluminación, circulaciones, zona de mínima permanencia (reuniones) y zonas sin luz natural (Fig.3). Como la disponibilidad de luz día va cambiando durante el día y también de una estación a otra, es necesario proponer estrategias acordes a la orientación del edificio (Fig. 4)

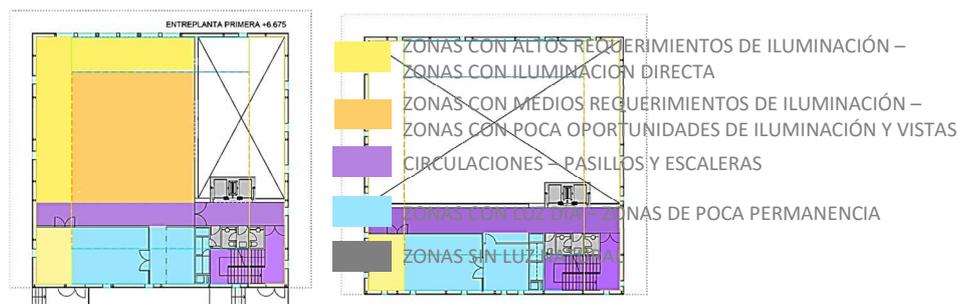


Figura 3. Zonificación de requerimientos lumínicos según destino programático (Fuente: elaboración propia)

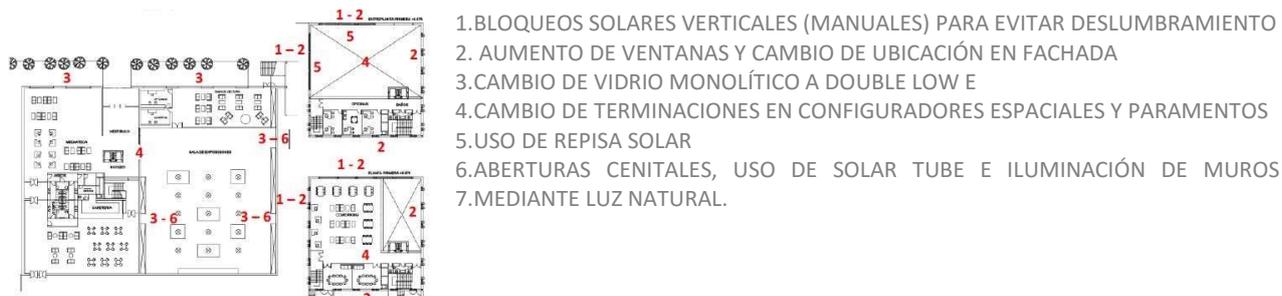


Figura 4. Proposición de estrategias pasivas según orientación de fachadas (Fuente: elaboración propia)

Para mejorar el caso base fue necesario introducir nuevas aberturas en el modelo y modificar su geometría para cumplir con los requerimientos de confort lumínico. También fue necesario cambiar parámetros de simulación respecto a la materialidad de las superficies, como indica la Tabla 2, donde se indica los materiales utilizados, obtenidos de la biblioteca del software Velux Daylight Visualizer.

**Tabla 2.** Proposición de cambio de materialidades en superficies (fuente: elaboración propia)

Configurador Espacial	Coef. Reflect. Recomendado (%)	Material y Coef. Reflect. en caso mejorado
Muro	0,4 – 0,7	Pintura Blanca Nueva – 0,7
Techo	0,7	Pintura Blanca Nueva – 0,7
Suelo	0,2 – 0,4	Cerámico color beige – 0,4
Plano de Trabajo	0,2 – 0,6	Madera – Pino – 0,6

Ya que el software permite evaluar la iluminación en distintas épocas del año y con diferentes tipos de cielo, se utilizaron los solsticios de invierno y verano, que constituyen períodos críticos, realizando las simulaciones bajo condiciones de cielo despejado. El resultado de la incorporación de estrategias de iluminación natural indica que en el caso mejorado se han incrementado un 100% los niveles de iluminancia en el día más desfavorable para oficinas (solsticio de invierno) respecto al caso base (Tabla 1). En el caso de la sala de exposiciones el caso más crítico corresponde a los meses de verano, donde se espera una mayor cantidad de flujo luminoso que puede afectar la exposición. Los resultados indican que los niveles de iluminancia no sobrepasan los 300 lux en sectores donde se encontrarían los objetos, cumpliendo con recomendaciones para objetos museográficos (Tabla 3).

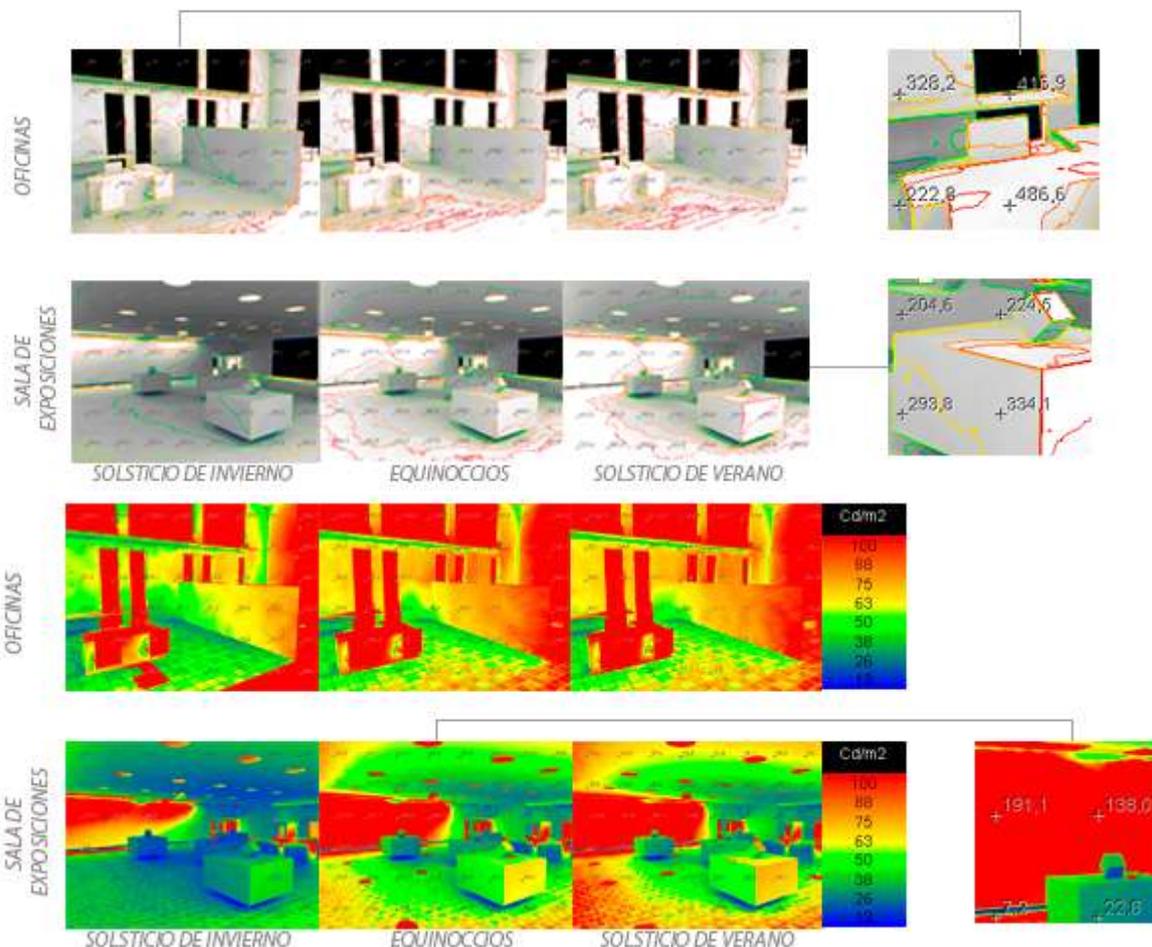


Figura 5. Simulación lumínica para distintos espacios y distintas fechas. Arriba: Iluminancias. Abajo: luminancias (Fuente: elaboración propia)

**Tabla 3.** Luminancias tarea-máximo contraste obtenidas en distintos espacios (Fuente: elaboración propia)

Luminancia	Luminancia oficina (cd/m2)	Luminancia S exposiciones (cd/m2)
Equinoccios (21/03 – 21/09)	141.9 – 7.2	50.6 – 6
Solsticio de invierno (21/06)	142.1 – 6.2	30.5 – 3.6
Solsticio de verano (21/12)	167 – 9.3	61.9 – 6.8

### Estrategias de Ventilación Natural.

La ventilación del edificio de oficinas es uno de los factores ambientales más importantes debido a que una mala calidad del aire disminuye el desempeño de las personas en funciones laborales. La simulación y el cálculo de ventilación permiten evaluar en etapas tempranas de diseño la incorporación de estrategias con el fin de tomar decisiones de diseño. La estrategia planteada para asegurar los caudales de aire exigidos por la normativa actual en el caso de estudio, implica provocar un movimiento de aire a través del diferencial de temperatura. Se ordenarán las plantas del edificio con el fin de generar un espacio vertical, o espacio "atrio", que movilice el aire proveniente de la fachada sur hacia la cubierta donde una chimenea solar contribuirá al efecto stack a través del aumento de la altura del espacio atrio, y captando mayor radiación, propiciando el diferencial térmico. La apertura podrá regularse según la estación del año y del requerimiento de intercambio de aire interior o enfriamiento natural.

En primera instancia se determina la carga ocupacional del recinto y de los caudales mínimos de ventilación exigidos. Se utiliza la OGUC (2017) para obtener los parámetros respecto a la carga ocupacional de cada recinto, y los de ASHRAE (Stanke et al. 2007) para los requerimientos de ventilación. Se determinan los caudales mínimos de aire interior utilizando los parámetros de Tasa de Aire por Persona (TAP) que corresponde al caudal de aire exterior fresco por persona según el programa de ocupación del recinto que consulta el proyecto. Para calcular los requerimientos de aire se estudia la entreplanta primera del proyecto que resulta como la más representativa.

**Tabla 3.** Tabla resumen cálculo de requerimientos de caudal y de ach (fuente: elaboración propia)

Recinto	Carga ocupacional	Superficie	Altura recinto h	Ocupantes	Tasa de aire por persona [Tap]	Caudal mínimo por recinto	ACH Cambios de Aire
Oficina	10	203,75	6,5	20,38	2,5	50,94	0,14
Comedor	1,5	51	3,25	34,00	3,8	129,20	2,81
Cocina	15	20,4	3,25	1,36	2,5	3,40	0,18
Escalera	5	25,06	3,25	5,01	2,5	12,53	0,55
pasillo	5	54,7	3,25	10,94	2,5	27,35	0,55
Baños	6	9,02	3,25	1,50	2,5	3,76	0,46

Se utiliza la herramienta Optivent que permite evaluar la estrategia de diseño del atrio. La entrada de datos correspondientes al edificio son: localización, cálculo de aire, geometría, ganancias solares y condiciones internas. Mediante esta simulación fue posible determinar la superficie de área efectiva, correspondiente al área de entrada de aire hacia el edificio, y la altura mínima que debiese tener el atrio para propiciar el efecto Stack. Así mismo entrega información con respecto a la acción predominante del viento asociado a una correcta orientación del edificio y posibles cambios en la velocidad del aire relacionados al área efectiva de la apertura superior al posibilitar un efecto venturi. El entorno de la herramienta permite cargar todos los parámetros asociados a la ubicación, materialidad y todo lo relevante con el testeo.

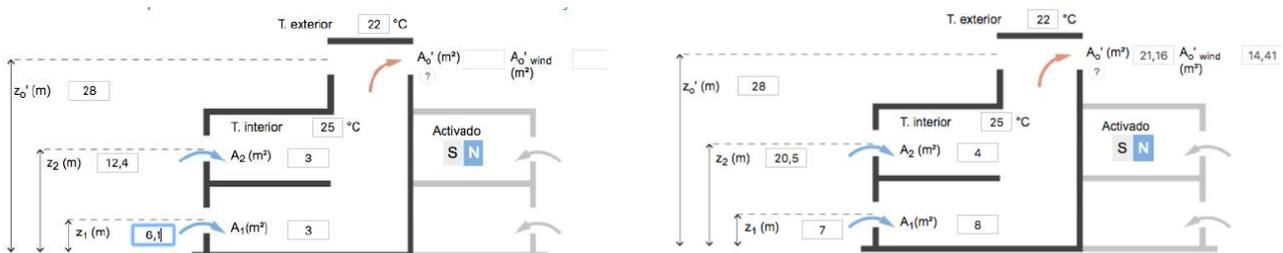
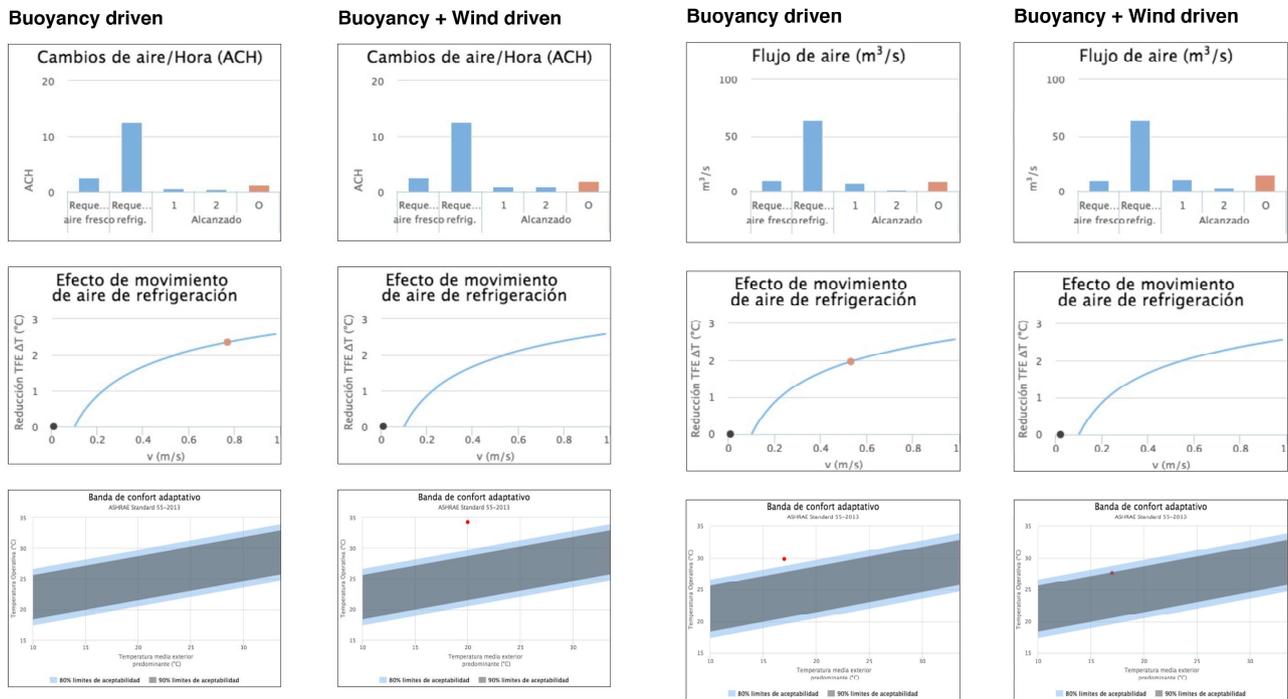


Figura 6. Interfaz para el ingreso de datos de Optivent. Der: condiciones de borde iniciales en primer evaluación Izq: condiciones de borde en caso mejorado (Fuente: elaboración propia)

El uso de la herramienta Optivent, mediante la simulación al caso de estudio, da cuenta de la acción del efecto stack y efecto Venturi sobre los requerimientos de ventilación. Los resultados en primera instancia indicaron que dicha estrategia no es posible de satisfacer a los requerimientos sin apoyo de medios mecánicos.

Una segunda evaluación se realiza incorporando mejoras que apuntan a aumentar la dimensión de apertura de expulsión, que con viento predominante puede ser un gran aporte por efecto Venturi; aumentar el área efectiva de

ventana correspondiente a niveles o pisos inferiores; aumentar la altura del atrio, la cual propicia el efecto Stack. El resultado esta vez se acerca más a la ventilación requerida sin embargo depende de la flotabilidad y los vientos se articulan para trabajar juntos, por lo que cuando no existe suficiente viento exterior el sistema de ventilación natural no logra los niveles de renovación de aire necesarios. Si bien los resultados de Optivent arrojan una temperatura interior dentro del rango de confort, si no existe disponibilidad de viento se produce sobrecalentamiento. Esta información fue necesaria para determinar que la estrategia propuesta y su dimensionamiento no son suficientes para satisfacer los



requerimientos de renovación de aire, por lo que requerirá un sistema mecánico que la apoye, sobre todo aquellos días que no se cuente con disponibilidad de viento.

Figura 7. Comparación entre el primer (Der) y la segunda (Izq) análisis en Optivent (Fuente: elaboración propia)

## Resultados

Considerando el contexto climático de la ciudad de Talca, y a través de la evaluación con distintas herramientas, fue posible la elaboración de una propuesta de mejoramiento del caso base, incorporando integralmente estrategias de iluminación y ventilación natural sin descuidar el confort térmico interior del edificio

Respecto a los resultados obtenidos con el software de simulación lumínica Velux Daylight Visualizer, fue posible a través de la incorporación de estrategias de iluminación natural obtener un mejoramiento del 100% de los niveles de iluminancias en áreas destinadas a tareas de oficina, y un control de valores de iluminancia durante todas las épocas del año que no sobrepasan los 300 lux en áreas destinadas a objetos en sala de exposiciones, evitando el daño de estos y preservándolos a través del tiempo. También, una mejora en la distribución de luminancias en recintos interiores, donde tarea y alrededores inmediatos están dentro de la relación 10:1, de acuerdo a las recomendaciones del MOP (2011) reduciendo la posibilidad de disconfort con una buena comprensión de lo que se expone en el espacio. En el caso de el área de oficinas, los resultados muestran una buena distribución de la luz dentro del espacio, sin grandes impactos los cuales puedan producir algún tipo de molestia o desconcentración que pueda afectar al observador, no sobrepasando la relación de 20:1 correspondiente a fuente luminosa y entorno. Respecto a las luminancias encontradas en muros, se encuentra por sobre las 30 cd/m<sup>2</sup>, pero sobrepasan las 100cd/m<sup>2</sup>. Si bien los expertos recomiendan que se encuentre dentro de este rango, esta está lejos de producir molestia al observador, debido a que no sobrepasa la relación de máximo contraste, 40:1(MOP 2011)

En términos de la incorporación de estrategias de ventilación natural fue posible determinar a través del uso de la herramienta Optivent, que la estrategia del espacio atrio era insuficiente por si sola para satisfacer los requerimientos de intercambio de aire interior ya que dependía de la disponibilidad de la flotabilidad y velocidad del aire para su funcionamiento óptimo. En estas circunstancias, el espacio atrio provocaba que el edificio se encontrara un 80% del

tiempo dentro de la banda de confort adaptativo, con una temperatura entre los 17 y los 27°C. Cuando eso no se cumplía se producía sobrecalentamiento alcanzando temperaturas sobre los 29°C en horario de ocupación. Si bien, la propuesta cumplía con los estándares estipulados de la normativa ASHRAE, ocurría solo bajo condiciones de viento favorable y no logran satisfacer la ventilación del edificio en todo su periodo de funcionamiento. Por otra parte, la aplicación directa de esta disposición es bajo un escenario de todas las aperturas abiertas en un 90 % y en simultáneo, lo que constituye una condición poco probable, que además podría producir desconfort por ráfagas de viento molesto en el área de trabajo. Con los datos de los caudales obtenidos desde Optivent fue posible determinar que era necesaria la utilización de un sistema mecánico de ventilación que apoyara la estrategia de ventilación natural cuando no exista disponibilidad de aire exterior.

## Discusión y Conclusiones

Mediante esta investigación es posible entregar información respecto a la utilización e implementación de herramientas de simulación y cálculo que son útiles en etapas tempranas de diseño debido a su menor envergadura y que permiten evaluar preliminarmente la eficacia en la incorporación estrategias pasivas de diseño al edificio.

Respecto a la herramienta Optivent, fue útil para determinar en primera instancia la eficacia de la estrategia de ventilación natural propuesta a partir del análisis del contexto climático. En este caso fue posible determinar la necesidad de utilizar sistemas de ventilación mecánica en los meses críticos para apoyar la primera. La herramienta también permitió evaluar la eficacia de incorporar elementos que optimizaran esta estrategia provocando Efecto Venturi o incrementando el Efecto Stack, al utilizar los vientos predominantes y el movimiento del aire. Además, permitió dimensionar las entradas y salidas de ventilación. Decisiones como estas impactan directamente no sólo en el confort y la calidad del ambiente interior del edificio, sino también en su performance energética ya que sin su implementación el uso de ventilación mecánica durante todo el año en el contexto climático descrito produciría un consumo energético desmedido.

Con respecto al uso de softwares de simulación de iluminación es posible concluir que estos permiten entregar un panorama de posibles focos de desconfort, los cuales pueden producir molestia en el usuario y afectar en el desempeño en el área de trabajo destinado a oficinas. En es caso, la sala de exposiciones la herramienta es útil para incorporar estrategias que eviten un posible daño a elementos que compongan una muestra museográfica, las que por su carácter necesitan prevalecer en el tiempo. En el caso de las oficinas, se utilizan para incorporar estrategias que eviten que el confort del usuario sea perturbado por posibles focos de desconcentración, lo que podría provocar una disminución en la productividad ya sea en el área laboral o educacional. Esto se puede prevenir incorporando estrategias y medidas correspondientes desde las primeras etapas del proyecto. Herramientas como estas permiten incorporar estrategias pasivas respecto a la geometría del edificio, a su distribución interior y respecto de su contexto, orientadas a aumentar su confort y calidad de ambiente interior y a disminuir su demanda energética. La utilización de herramientas de simulación integradas en etapas tempranas de diseño permite tomar decisiones acerca de cuáles estrategias son pertinentes de incorpora, con el fin de mejorar la habitabilidad de los usuarios en espacios interiores de manera sustentable.

## Referencias

- Hefferan, Steven. 2008. "Working with Daylight in the Museum Environment." *WAAC Newsletter* 30 (1):22–24.
- Löhnert, G, a Dalkowski, and W Sutter. 2003. "Integrated Design Process: A Guideline for Sustainable and Solar-Optimised Building Design." *Berlin: IEA International Energy Agency*, no. April. [http://ascelibrary.org/doi/abs/10.1061/\(ASCE\)9742-597X\(1994\)10:5\(55\)%5Cnhttp://scholar.google.com/scholar?hl=en&btnG=Search&q=intitle:Integrated+design+process.+A+Guideline+for+Sustainable+and+Solar-Optimised+Building+Design#0](http://ascelibrary.org/doi/abs/10.1061/(ASCE)9742-597X(1994)10:5(55)%5Cnhttp://scholar.google.com/scholar?hl=en&btnG=Search&q=intitle:Integrated+design+process.+A+Guideline+for+Sustainable+and+Solar-Optimised+Building+Design#0).
- MOP. 2011. TDR: Términos de Referencia Estandarizados con Parámetros de Eficiencia Energética y Confort Ambiental, para Licitaciones de Diseño y Obra de la Dirección de Arquitectura, Según Zonas Geográficas del País y Según Tipología de Edificios Términos de Referencia Estandarizados con Parámetros de Eficiencia Energética y Confort Ambiental, para Licitaciones de Diseño y Obra de la Dirección de Arquitectura, Según Zonas Geográficas del País y Según Tipología de Edificios.
- Stanke, Dennis a, Roger L Hedrick, Leon E Alevantis, Michael G Apte, Lynn G Bellenger, David C Bixby, David R Conover, et al. 2007. "ASHRAE STANDARD Ventilation for Acceptable Indoor Air Quality." *Health Care* 2007:1–4. [https://doi.org/ANSI/ASHRAE Standard 62.1-2004](https://doi.org/ANSI/ASHRAE%20Standard%2062.1-2004).
- Rioseco, Reinaldo y Tesser, Claudio : Cartografía Interactiva de los climas de Chile [en línea]. Instituto de Geografía. Pontificia Universidad Católica de Chile. <[www.uc.cl/sw\\_educ/geografia/cartografiainteractiva](http://www.uc.cl/sw_educ/geografia/cartografiainteractiva)> 2018
- OGUC, 2017. Ordenanza General de Urbanismo y Construcción