



MAESTRÍA EN DESARROLLO SUSTENTABLE DEL HABITAT HUMANO  
U.T.N. – UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA NACIONAL  
MENDOZA. ARGENTINA

PROPUESTA DE OPTIMIZACIÓN LUMÍNICA EN EDIFICIO  
EDUCATIVO DESTINADO A ESCUELA DE MÚSICA EN  
MENDOZA.

DISEÑO Y APLICACIÓN DE SISTEMAS DE ILUMINACIÓN NATURAL

Caso de estudio: Orquesta Escuela Alas del Viento. General  
Alvear. Mendoza

TESIS DE MAESTRÍA

Autora: GOMEZ LAHOZ, Celeste

Directora: CÓRICA, Lorena

JUNIO 2022



## AGRADECIMIENTOS

A Nahuel, por la compañía en todo, por ser amor y sostén siempre.

A Laura, por apoyarme, e incentivar todos mis proyectos.

A mi directora, Dra. Arq. Córica, por el fundamental acompañamiento en el proceso, por la paciencia y la insistencia.

Al director de la maestría Dr. Ing. Pablo Arena que me asistió siempre en el proceso e incentivó a concluir esta tesis.

A Emilce Jackovchuc, directora de la Orquesta Escuela Alas del Viento (caso de estudio) por invitarnos a formar parte del proyecto. Por su tiempo y dedicación, pero por sobre todo por su vocación y amor por la música y los niños.

A Marcelo Estevez, colega y amigo, por su gran aporte de conocimiento técnico y constructivo, que me ayudó a materializar muchas ideas.

## INDICE

<b>RESUMEN</b>	<b>6</b>
<b>INTRODUCCIÓN</b>	<b>8</b>
Planteo del problema	9
Justificación	12
Objetivos	15
Marco metodológico de la investigación	15
Organización de la tesis	16
<b>1. ANTECEDENTES DE LA TEMÁTICA PARA SU ABOORDAJE</b>	<b>18</b>
1.1    Diseño sustentable de edificios escolares	19
1.1.1    Escuelas Solares	19
1.1.2    Escuelas de enseñanza musical	21
1.2    Iluminación natural	25
1.2.1    Estrategias	25
1.2.2    Marco Normativo	34
1.3    Sonido y acústica	37
<b>2. CASO DE ESTUDIO Y HERRAMIENTAS METODOLÓGICAS</b>	<b>41</b>
2.1    Entorno geográfico y ambiental	42
2.2    Caso de estudio	50
2.2.1    Descripción del proyecto	50
2.2.2    Proyecto arquitectónico	53
2.2.3    Usos, programas y horarios de la escuela	57
2.3    Metodología de análisis	59
<b>3. ANÁLISIS Y DIAGNÓSTICO DE ILUMINACIÓN NATURAL</b>	<b>64</b>
3.1    Descripción morfológica de los casos de estudio identificados	67
3.1.1    Bloque Aulas medianas y grandes	67

3.1.2	Bloque auditorio	70
<b>4.</b>	<b>ESTRATEGIAS APLICADAS Y RESULTADOS OBTENIDOS</b>	<b>73</b>
4.1	Bloque de Aulas Medianas y Grandes	74
4.1.1	Estrategias	74
4.1.2	Validación de la propuesta lumínica. Mediciones en modelo a escala	81
4.2	Bloque Auditorio	90
4.2.1	Estrategias	90
4.2.2	Validación de la propuesta lumínica. Mediciones en modelo a escala	97
<b>5.</b>	<b>CONCLUSIONES</b>	<b>104</b>
	<b>ANEXOS</b>	<b>111</b>
	Mediciones y fotografías – Caso aula mediana	112
	Mediciones y fotografías – Caso aula grande	115
	Mediciones y fotografías – Caso auditorio	118
	<b>BIBLIOGRAFÍA</b>	<b>125</b>

## RESUMEN

En el quehacer arquitectónico, el adecuado estudio de la iluminación natural puede mejorar la calidad espacial, el confort visual y la eficiencia energética del edificio, especialmente en ciudades como Mendoza, donde predomina el cielo claro con sol (con un promedio anual de 2850 horas); pudiendo minimizarse e incluso prescindir de la energía eléctrica consumida por artefactos de iluminación durante horas diurnas.

Sin embargo, el uso de la Iluminación Natural (IN), requiere cuidadosa planificación en su diseño. Este, no solo debe contemplar los altos niveles de iluminación requeridos, sino también reducir la luz solar directa y los altos brillos y contrastes como posibles causantes de un acondicionamiento lumínico no adecuado del espacio.

El ambiente visual generado a partir del manejo de la iluminación natural aplicado a edificios educativos incide en el desempeño cognitivo de los estudiantes. Investigaciones sugieren que la luz natural mejora la atención, el comportamiento y el estado de ánimo.

La presente investigación toma como caso de estudio el proyecto del edificio de la Orquesta Escuela Alas del Viento, que se encuentra en instancia previa al inicio de construcción con un proyecto arquitectónico ya definido. El mismo, por las complejidades programáticas y de terreno, no contempla estudio alguno de control de iluminación.

El presente proyecto busca generar estrategias y propuestas de sistemas particulares para el edificio del caso de estudio, que permitan el mejor aprovechamiento y control de IN. Siendo fundamental la adecuación de dichos sistemas a las características y singularidades de una institución músico-orquestal.

Se estudian y desarrollan sistemas propios a partir del uso de materiales y procesos de baja tecnología y bajos costos, permitiendo su futura autoconstrucción. Por otro lado, se desarrolla un dossier técnico para que dichos sistemas puedan replicarse, no solo en el caso de estudio, sino en futuras construcciones con características similares.

Para la verificación de los mismos se realizan mediciones en un modelo a escala y posteriormente se evalúan y comparan, tomando en cuenta características y valores obtenidos.

El presente trabajo busca, por un lado, brindar una solución al problema de acondicionamiento lumínico del caso de estudio, y por otro, generar herramientas para arquitectos y profesionales de la construcción, que permitan incorporar sistemas posibles de ser ejecutados in situ, y cuyas mediciones han sido verificadas.

## INTRODUCCIÓN



## PLANTEO DEL PROBLEMA

En las últimas décadas, la creciente problemática global sobre el deterioro del medioambiente, ha posicionado a la sustentabilidad como la estrategia de mediación entre el desarrollo y la conservación del medio ambiente. De esta forma, la arquitectura sustentable resulta fundamental para incrementar el ahorro de recursos naturales no renovables, reducir el daño ambiental y mejorar los espacios habitables.

La cantidad de energía que consume un edificio se determina en función de diferentes factores, cómo son, el clima de la localidad, la propuesta de diseño, las características de los procesos constructivos utilizados, el tipo de actividades desarrolladas en su interior, los sistemas de control empleados, etc.

Por otro lado, para el diseño arquitectónico es fundamental la relación entre el clima y la propia arquitectura (Guzowsky, 2000). Ya que, por un lado, existen grandes posibilidades de beneficiarse con los aspectos positivos del mismo, y por otro, es necesario estudiar la forma de protegerse de sus inclemencias.

Teniendo esto en cuenta, es fundamental comprender al objeto arquitectónico como un modificador del sistema natural, que, a su vez, es transformado por las características del medio ambiente en el que se inserta.

La iluminación juega un papel fundamental para el desarrollo de las actividades sociales, educativas, comerciales e industriales. Si bien la tecnología ha evolucionado en el campo de la iluminación artificial - generando mayor eficiencia energética en las luminarias - aún es posible minimizar y en algunos casos prescindir de la energía eléctrica consumida durante las horas diurnas. En ciudades donde predomina el cielo claro con sol, como el caso de Mendoza (Argentina) con un promedio anual de duración de sol de 2850 horas, la radiación solar es lo suficientemente "energética" en términos de eficacia luminosa. Esto promueve la cantidad y calidad adecuada de la luz natural en los espacios interiores para realizar tareas visuales diurnas en confort, con un ahorro energético de varias horas al día (Pattini, 2009), equivalente al 50-80% del consumo energético requerido por la iluminación artificial (Bodart & De Herde, 2002). Por lo que el aprovechamiento de la luz natural en los espacios

interiores resulta muy importante, sobre todo, en períodos de crisis energética como la que vive actualmente la región.

Por otro lado, la luz del día en general, y la luz del sol en particular, son vitales. Su ausencia puede acarrear complicaciones referentes a la salud. Existen funciones biológicas, hormonales y fisiológicas fundamentales cuyos ciclos dependen de las condiciones lumínicas. La iluminación pobre o inadecuada puede ser causante de estrés, molestias oculares, problemas posturales, migrañas entre otros síntomas.

Sin embargo, el uso de la IN requiere cuidadosa planificación en su diseño. Éste, no sólo deberá contemplar los niveles de iluminación requeridos por cada tarea visual, sino también controlar la luz solar directa y los altos brillos y contrastes como posibles causantes de un acondicionamiento lumínico inadecuado del espacio (Monteoliva & Pattini, 2013). De no ser así, la luz solar directa será bloqueada por falta de confort térmico-lumínico, llevando a anular el aporte de luz y generar espacios sombríos, consumiendo así mayor energía eléctrica en iluminación artificial. La falta de control de la luz solar en un espacio propende al diseño de un hábitat energéticamente no sustentable, transformando al sector edilicio en un gran consumidor de energía eléctrica. Por lo tanto, la instancia más crítica para conocer el comportamiento de la luz natural en los interiores de los edificios es durante la fase del diseño. Esto genera paralelamente la necesidad de contar con nuevas metodologías que permitan la evaluación del factor de luz diurna desde la propia naturaleza dinámica de la fuente solar. (Monteoliva & Pattini, 2013).

El desafío es diseñar el edificio con múltiples aperturas. Se trata de encontrar el mejor equilibrio entre el suministro de luz, las pérdidas de calor, las ventanas con vistas al exterior, el riesgo de sobrecalentamiento, debido a un exceso de ganancias solares, la necesidad de privacidad, el potencial de ventilación, así como la composición de la fachada y de los espacios.

## ILUMINACIÓN NATURAL EN ESPACIOS EDUCATIVOS

Según Monteoliva y Pattini la iluminación natural es una de las características físicas que más influye en edificios escolares, fundamentalmente en espacios como el aula (Phillips, 1997) y debe ser considerada una variable del ambiente educativo a estudiar en profundidad (Dunn et al., 1985). No solo por la oportunidad de ahorros energéticos-ambientales (del consumo eléctrico en edificios escolares, el 66% del gasto (Monteoliva & Pattini, 2013) se realiza en las aulas) que esta representa, sino también por la importancia de su ambiente visual. Este incide en la capacidad de un estudiante para percibir estímulos visuales afectando su actitud mental (Taylor & Gousie, 1998) (Evans & Ferguson, 2011) y por lo tanto su rendimiento (Heschong, 1999). Estudios sobre la iluminación en escuelas sugieren que la luz natural mejora la atención (Ison & Pattini, 2009), el comportamiento (Antrop, Royers, & De Baecke, 2005), los estados de ánimos (Veitch, Gifford, & Hine, 1991), (Tonello, 1998) y la sociabilidad del niño. Es decir, la iluminación natural, no solo sigue siendo un factor predominante en el entorno percibido (Wienold & Christoffersen, 2006); (Andersen, 2007), el que en ciertas condiciones es preferido ante la iluminación artificial como fuente de iluminación (Galasiu & Veitch, 2006); (Boyce, Hunter, & Howlett, 2003); sino que produce potenciales beneficios en la salud (Lesesne, Visser, & White, 2003).

Otras investigaciones han expuesto una estrecha relación entre el desempeño atencional y la iluminación natural en escolares (Monteoliva, 2016). La atención es uno de los factores más importantes que influye sobre el aprendizaje, en tanto facilita el almacenamiento y recuperación de los contenidos de memoria, permitiendo su actualización cuando la situación lo requiere.

La importancia del ambiente educativo radica, por un lado, en que son espacios en los que la mayoría de los niños juega, aprende, transita e interactúa gran parte de su jornada diaria; y por otro, que es el espacio y tiempo en movimiento, donde los participantes desarrollan capacidades, competencias, habilidades y valores.

Actualmente se observa una tendencia global en la educación hacia la especialización del conocimiento, dando lugar, cada vez más, a escuelas con orientaciones específicas en distintas áreas; como puede ser orientación artística, económica, social, etc. A su vez, dentro de cada una de ellas, se tiende a la especificidad en temáticas puntuales, como puede ser, dentro de la orientación artística, la pintura, música, teatro, etc.

Ante estas nuevas tendencias, no debería resolverse proyectual y constructivamente de la misma forma el edificio destinado a cada una de dichas áreas. Cada establecimiento, requiere tener en cuenta aspectos y exigencias propios en distintas instancias del proyecto.

## JUSTIFICACIÓN

La música es un elemento esencial de la condición humana, forma parte de su cultura y es frecuentemente utilizado como mecanismo de expresión, aprendizaje y desarrollo. Mediante los instrumentos musicales se construye una realidad sonora e intangible que necesita desarrollarse en todas sus vertientes para existir.

La Orquesta Alas del Viento, Primer Orquesta Infanto – Juvenil de la Provincia de Mendoza, nació en el año 2005 por iniciativa de la Profesora Emilce Jacobchuk (Figura 1). La primera agrupación contó con 10 alumnos de Alvear Oeste y de la Ciudad de General Alvear. Poco a poco fue creciendo e incorporando nuevos músicos de todo el Departamento.



Figura 1. Emilce Jacobchuk junto a estudiantes. Fuente (Jacobchuk, s.f.)

La tarea prioritaria fue y es, la contención social y espiritual de los niños para colaborar con las familias en la educación en valores, concientizando sobre la importancia de culminar los estudios primarios y secundarios. La música, en muchos casos, ha sido un gran estímulo para incentivar la finalización de la escolaridad. Ver figuras 2 y 3



Figura 2. Presentación de la orquesta. Fuente: (Jacobchuk, s.f.)

En 2012 abrió sus puertas el CAE CP-318 que funciona en la Ciudad de General Alvear para que los 120 niños, niñas, adolescentes y jóvenes de todo el Departamento que conforman este proyecto, puedan llegar a clases de instrumentos musicales y apoyo escolar.



Figura 3 Presentación de la orquesta. Fuente: (Jacobchuk, s.f.)

El trabajo que desarrollan y la propuesta de la escuela puede ser visto en su página web: [www.orquestaalasdeltviento.com](http://www.orquestaalasdeltviento.com).

Actualmente la escuela está desarrollando la etapa de proyecto arquitectónico para su nueva sede, en un terreno ya adquirido por la institución.

Debido a la creciente demanda energética, resulta indispensable la concientización en el uso racional de la energía. La utilización de iluminación natural en horarios en que es posible, y el diseño adecuado de cerramientos y vanos, garantizan el confort con el menor gasto energético posible.

La presencia de altos niveles de radiación solar en nuestra región posibilita la iluminación de los espacios interiores durante gran parte del día, sin necesidad de recurrir a la iluminación artificial.

Como proyectista del edificio de la escuela de música, y en la etapa en la que se encuentra el proyecto, surge la gran posibilidad de tomarlo como caso de estudio para poder realizar todas las adecuaciones necesarias y la incorporación de sistemas y estrategias de control y aprovechamiento de IN, logrando así mejorar el ambiente visual del futuro edificio destinado al aprendizaje musical. Para ello se realizarán propuestas de optimización en base a estrategias de control y aprovechamiento de IN. La importancia de incorporar la iluminación natural en los espacios educativos es lo que optimizará los ambientes desde diferentes perspectivas como la energía, la salud y el confort.

La necesidad de profundizar en diseños, tecnologías y métodos de cálculos predictivos permitirá un mejor aprovechamiento de la luz natural dentro de esta institución. La propuesta del trabajo pretende propiciar todos los beneficios expuestos, y sumar a la sustentabilidad edilicia de la región.

Por otro lado, se pretende sistematizar herramientas para que puedan ser incorporadas en futuros proyectos con similares características.

## OBJETIVOS

### OBJETIVO GENERAL

- El objetivo de este trabajo consiste en desarrollar estrategias para el aprovechamiento de IN en el proyecto de la Orquesta Escuela Alas del Viento, edificio educativo con orientación musical, planteando la adecuación e integración de diseños y la disposición de Sistemas de Iluminación natural, adecuados a los requerimientos acústicos en este tipo de establecimiento.

### OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Realizar un análisis de las condiciones lumínicas de los espacios de la Escuela, a modo de diagnóstico de la situación actual.
- Realizar propuestas de mejoras en la calidad visual de los espacios, en base al estudio de estrategias de IN, planteando diseños y sistemas de control y de aprovechamiento de la luz, sin que los mismos afecten los requerimientos acústicos de los espacios.
- Utilizar herramientas de predicción teniendo en cuenta la dinámica de la luz natural, diurna y anual para determinar la adecuación de los sistemas planteados y a las necesidades establecidas.

## MARCO METODOLÓGICO DE LA INVESTIGACIÓN

En función de los objetivos expuestos, la selección del enfoque metodológico para este proyecto de tesis es del tipo cuantitativo y se utiliza el método de selección de Casos de Estudios.

El marco teórico se ha construido en base al estudio y a la selección de fuentes bibliográficas más relevantes en el tema.

En relación al “caso de estudio”, el mismo corresponde a un proyecto arquitectónico ubicado en la ciudad de completar – escuela tanto, lugar tanto infraestructura educativa. Para ello, se realiza el análisis de documentación técnica, programa de necesidades y un diagnóstico descriptivo.

Luego se proponen “casos de aplicación” donde se realizan intervenciones y propuestas de optimización según estrategias de IN adecuadas a los requerimientos de las tareas visuales y las cuales son validadas en base a herramientas de predicción y evaluación de la Iluminación Natural.

El trabajo intenta superar una propuesta de diseño pasivo, estudiando escenarios de sistemas de iluminación natural integrados (principal aporte de la tesis) que den respuestas a la complejidad que plantea este tipo de edificio educativo-cultural desde el punto de vista lumínico y acústico.

## ORGANIZACIÓN DE LA TESIS

El trabajo final de tesis está organizado en cuatro partes que contienen el proyecto de investigación, el marco teórico, la metodología, el desarrollo de la investigación y las conclusiones.

El primer capítulo, “Antecedentes de la temática para su abordaje” tiene como objetivo conocer distintos referentes sobre los temas de estudio. Se parte del concepto de la importancia de la Iluminación Natural en espacios interiores, especialmente en ámbitos educativos; haciendo referencia al desarrollo de Escuelas Solares por el INCIHUSA; posteriormente se analizan antecedentes de proyectos de arquitectura sustentable en edificios de enseñanza musical en diferentes contextos, internacional, nacional y provincial. Por otro lado, se desarrollan conceptos referentes a iluminación natural, estrategias de aprovechamiento y control. Se analiza el marco normativo en relación con la IN en espacios de estudio para considerar los niveles mínimos recomendados para cada actividad. Finalmente, se analizan conceptos básicos referidos a sonido y acústica.

El objetivo del segundo capítulo, “Caso de estudio y herramientas metodológicas” es presentar el proyecto propuesto como caso de estudio para su adecuación y posterior implementación de estrategias. Inicialmente se desarrollan las características del entorno geográfico y ambiental del área donde se ubica el edificio; haciendo énfasis en las particularidades del clima



luminoso. Luego se describe el proyecto arquitectónico de la escuela, exponiendo sus características formales, funcionales y de uso. Por último, se explica el proceso llevado a cabo para realizar el diagnóstico de las condiciones lumínicas y la posterior validación de las estrategias de aprovechamiento y control planteadas.

En el tercer capítulo, “Análisis y diagnóstico de Iluminación Natural” se realiza, inicialmente, un análisis comparativo de los diferentes espacios según sus características morfológicas, de uso y las necesidades lumínicas requeridas, para así poder detectar los ambientes críticos para su análisis específico y posterior implementación de estrategias. A partir de esto se realiza un estudio detallado de las particularidades de cada uno de los sectores seleccionados, los bloques de aulas y el auditorio, evaluando sus dimensiones, tamaño y orientación de aberturas y características de las superficies interiores para realizar un diagnóstico certero referente a las condiciones de iluminación natural interior de cada uno de ellos.

El cuarto capítulo, “Estrategias aplicadas y resultados de iluminación natural obtenidos” tiene como objetivo especificar las acciones realizadas sobre el propio proyecto de arquitectura para mejorar el aprovechamiento de la IN, y desarrollar técnicamente los sistemas de control y manejo de IN. Se plantea el despiece de cada uno de los sistemas permitiendo su total comprensión y posibilitando su construcción en otros casos de estudio similares. Posteriormente se realiza la validación de los sistemas propuestos a partir del relevamiento lumínico de los espacios de intervención bajo la construcción de un modelo a escala y su análisis en heliodón para condiciones de cielo exterior.

Finalmente, se determinan las conclusiones del estudio, las posibles variaciones de los sistemas, su materialización y su real eficacia respecto de la propuesta. Se desarrolla un dossier técnico, donde se explica de manera detallada la forma y los componentes de cada sistema.

## 1. ANTECEDENTES DE LA TEMÁTICA PARA SU ABORDAJE

## 1.1. DISEÑO SUSTENTABLE DE EDIFICIOS ESCOLARES

La posibilidad de iluminar los ambientes con luz natural permite utilizar racionalmente la energía, reduciendo el consumo de esta. Asimismo, brinda salubridad ambiental y confort visual para los ocupantes.

Las escuelas tienen como particularidad que, además de un adecuado confort higrotérmico, requieren de condiciones lumínicas de alta exigencia, debido a que el bienestar visual favorece la eficacia de la principal tarea a realizar en sus espacios interiores: la lecto-escritura. En los espacios escolares es de fundamental importancia garantizar los niveles de iluminancia sobre el plano de trabajo y lograr una distribución homogénea de la luz para el bienestar físico y psíquico de sus ocupantes, lo que favorece el buen desempeño de estos en sus actividades.

Al momento, se encuentran amplios estudios en referencia a la iluminación natural en ámbitos educacionales: Daylighting in schools, Loisos 1999; Iluminación natural en Aulas, Monteoliva y Pattini 2013; Estudio del desempeño atencional en niños en aulas con diferentes acondicionamientos lumínicos, Santillán y Pattini 2016; entre otros.

### 1.1.1. ESCUELAS SOLARES

En 1997, el Laboratorio de Ambiente Humano y Vivienda (INCIHUSA), en el marco de un Convenio realizado entre el CONICET y la Dirección General de Escuelas del Gobierno de la Provincia de Mendoza, llevó a cabo la transferencia de proyectos de edificios escolares energéticamente eficientes bajo la dirección del Arq. Carlos de Rosa. (Pattini, 2007) (Mitchell J. et.al, 1999) (Fernandez Llano, J. et al, 1999), (Pattini, 2006), (De Rosa, C. et.al., 1998)

A partir de esto se desarrollaron diferentes proyectos de acondicionamiento de edificios existentes y de construcciones nuevas, con la premisa principal de generar edificios bioclimáticos y con gran aprovechamiento de la energía solar para la adecuación lumínica.

En el caso de las construcciones nuevas se planteó, a nivel de proyecto arquitectónico, edificios que prioricen la orientación norte, en su mayoría distribuyendo los usos en torno a un patio, utilizando aberturas tradicionales y superiores en determinados sectores.

En las Figuras 4 a 7 se observan algunos ejemplos de las escuelas solares construidas.



Figura 4. Esc. N°1374. Malargüe – Fuente: (Fernandez Llano J., et.al., 1999)



Figura 5. Esc. N°4227. San Martín – Fuente: (Fernandez Llano J., et.al., 1999)



Figura 6. Esc. N°4041. Lavalle. Fuente: (Pattini, 2006)



Figura 7. Esc. N°4096. Rivadavia. Fuente: (Pattini, 2006)

En los edificios se utilizan diversos sistemas de diseño bioambiental como son: ganancia directa, aislación térmica en muros y techos, muros acumuladores, carpintería DEE, iluminación natural en aulas.

En las Figura 8 y 9 se observa la Escuela N°4110 Nicolás Avellaneda, de Palmira, San Martín. Se puede ver la fachada norte, con las ventanas y aberturas superiores, ambas con protecciones horizontales (aleros y estantes de luz). Las aberturas superiores cuentan, en el interior, con difusores, que permiten mayor distribución de la luz y la no incidencia directa de los rayos solares.



Figura 8. Fachada norte. Esc. N°4110. Fuente (Pattini, 2006)



Figura 9. Aberturas nortes desde interior Esc. N°4110. Fuente (Pattini, 2006)

En las Figuras 10 y 11 se pueden ver las aberturas superiores y la calidad de iluminación interior que permiten, desarrolladas en la Escuela N° 4042 Marcelino Blanco, de La Paz.



Figura 10. Exterior Esc. N°4042. Fuente (Mitchell, J. et.al., 1999)



Figura 11. Aula Esc. N°4042. Fuente (Mitchell, J. et.al., 1999)

### 1.1.2. ESCUELAS DE ENSEÑANZA MUSICAL

En tipologías de escuelas de música, se requieren recintos que cumplan determinadas propiedades en referencia al acondicionamiento acústico y al control de ruidos, es por esto que los aspectos constructivos y de terminaciones de los elementos de cerramiento resultan fundamentales. Generalmente, los SIN utilizados en proyectos de tipologías escolares no se adecuan a los requerimientos específicos de acústica mencionados.

Existen pocos antecedentes de investigación sobre escuelas de enseñanza musical y su relación con la iluminación natural, y aquellos que abordan el tema lo hacen desde una perspectiva conceptual.

A nivel internacional se ha encontrado el proyecto para la **Escuela de Música Cema Sinem Coto Brus, en Costa Rica** (Balmaceda Meza; 2015), (Figura 12) donde se realizan investigaciones importantes sobre los requerimientos térmicos, lumínicos y acústicos de cada uno de los espacios de uso.



Se realizaron simulaciones para obtener las características de iluminación natural en los diferentes espacios del edificio (Figura 13), pero no se plantearon propuestas de sistemas para mejorar o modificar los valores de la propuesta inicial; tampoco se estudia la posibilidad de situaciones de discomfort visual que pueden darse en determinados sectores por la falta de control de ingreso de rayos directos.

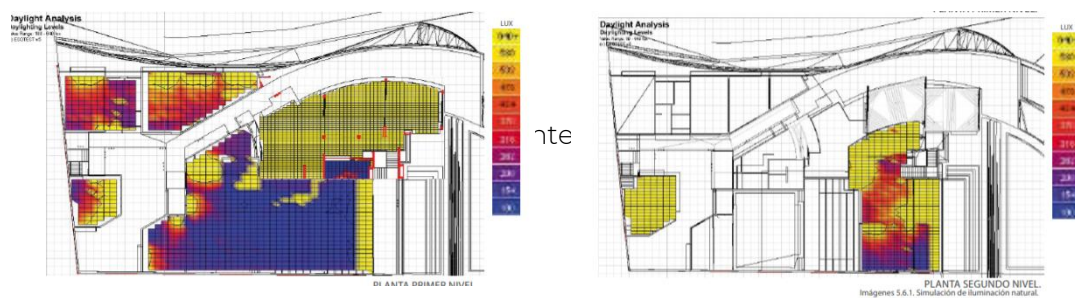


Figura 13. Simulación iluminación natural. Fuente (Balmaceda Mesa, 2015)

A nivel nacional, en la provincia de Río Negro, el proyecto para la **Escuela de Música “Fundación música viva. Bariloche, Argentina”** (Esteves, Flores Cáseres, Esteves y Esteves; 2013), propone el diseño y los estudios energéticos para el edificio.

Al estar proyectada para una región de clima muy frío, los sistemas planteados hacen énfasis en la conservación de la energía para lograr un balance térmico adecuado. Para esto propone la utilización de sistemas de aislación en muros, techos y aberturas. Por otro lado, plantea sistemas solares pasivos para calefacción, como es la incorporación de un pasillo invernadero y aberturas cenitales en las aulas, permitiendo ganancia directa (Ver figura 14).



Estos sistemas, en el caso de las aulas, pueden generar situaciones de discomfort luminoso debido a la falta de protecciones.



Figura 14. Corte transversal. Pasillo invernadero, aberturas cenitales de aulas. Fuente (Esteves, Flores Cáceres, Esteves, & Esteves, 2013)

En Mendoza, es el caso del Edificio sustentable para la **Escuela de Música de la Universidad Nacional de Cuyo**, donde se presenta la investigación referente al planteo sustentable para el edificio, basándose en un proyecto principalmente en una planta, con la orientación adecuada, con iluminación y ventilación natural en los espacios, y dispositivos de protección para el verano (Figura 15).



Figura 15. Perspectiva proyecto. Fuente (Gelardi , y otros)

Se hace especial énfasis en las condicionantes acústicas de los materiales y de los espacios resultantes; en la figura 16 se observa la construcción de muros acústicos en el laboratorio. Además, se propone una construcción con bajo costo de obra y aprovechamiento de energía solar para calefaccionar e iluminar naturalmente los espacios.



Figura 16. Laboratorio de Sonido. UTN. Reg. Mendoza. Construcción muro acústico.  
Fuente (Gelardi , y otros)

A pesar de esto no se realizan propuestas de sistemas específicos de aprovechamiento y control de iluminación natural ajustados a las condicionantes acústicas necesarias el uso del edificio (Gelardi, Esteves, 2006).

En la provincia de Mendoza solo la Escuela de Música de la Universidad Nacional de Cuyo presenta un edificio construido especialmente para el fin que desarrolla. Actualmente, existen 17 orquestas infanto-juveniles dentro del programa provincial, las cuales son parte de instituciones educativas formales e informales. Las mismas funcionan en edificios acondicionados, o no, para la actividad. Esto plantea la necesidad de proponer recursos y sistemas que ayuden a dicho acondicionamiento y que además se ajusten a los presupuestos, generalmente escasos, de este tipo de entidades.

Por lo que es menester proponer y adecuar las estrategias, el diseño y tecnologías para que, por un lado, no interfieran con el adecuado funcionamiento del edificio y por otro mejoren la calidad de los espacios de trabajo y estudio.



## 1.2. ILUMINACIÓN NATURAL

La IN natural posee importantes ventajas sobre la artificial; principalmente porque es provista por una fuente de energía renovable, la energía radiante del sol, ya sea en forma directa o indirecta; lo que puede implicar un gran ahorro energético proporcionando niveles elevados de iluminación en horas diurnas. El objetivo de su estudio es el de posibilitar que, al momento de concretar un diseño, se obtengan los niveles de iluminación necesarios para cada una de las actividades a desarrollar en el interior de la edificación.

### 1.2.1. ESTRATEGIAS

En cuanto al desarrollo de un proyecto de IN, es importante tener en cuenta las estrategias posibles: captar, transmitir, distribuir, proteger y controlar (Figura 17).

De la adecuada relación entre estas estrategias es que puede obtenerse un correcto acondicionamiento lumínico de los espacios interiores.



Figura 17. Diagrama estrategias IN. Fuente (Dirección de Arquitectura del Ministerio de Obras Públicas, 2012)

A partir de este análisis se busca comprender los procesos necesarios para tener en cuenta durante el diseño de los sistemas de IN del edificio.

## CAPTACIÓN DE LUZ NATURAL

Consiste en posibilitar y promover la llegada de la luz al interior del edificio utilizando en forma adecuada su morfología, geometría, diseño, etc.

Existen factores determinantes que definen la cantidad de luz disponible, como son: los tipos de cielo, la latitud, la época del año a considerar, el entorno físico del edificio, entre otros.

Por otro lado, es fundamental tener en cuenta la disposición y orientación de las aberturas. Como base teórica para obtener mayor captación de la radiación, las aberturas deberán ubicarse lo más perpendiculares posibles a los rayos solares, teniendo en cuenta siempre los riesgos de deslumbramiento y sobrecalentamiento. Aquellas ubicadas en fachadas laterales y cenitales se comportan en forma muy diferente en cuanto a la penetración de la luz, como se observa en la figura 18. Por tanto, la determinación de la disposición de las aberturas depende de las necesidades espaciales y funcionales de cada espacio.



Figura 18. Penetración de luz natural cenital y lateral en invierno y verano. Fuente: (Dirección de Arquitectura del Ministerio de Obras Públicas, 2012)

La ubicación de las aberturas en cuanto a orientación estará determinada por el diseño funcional y espacial del edificio y las adecuadas consideraciones de trayectoria solar. En relación con las características de las diferentes orientaciones, el Norte permite mayor aprovechamiento de la IN, ya que, con adecuadas protecciones para el verano, se obtiene gran disponibilidad en invierno. El Este y el Oeste aseguran iluminación en la mañana y en la tarde

respectivamente, pero el ingreso de radiación directa puede generar problemas de deslumbramiento en el campo visual desde el punto de vista lumínico, pero a la vez sobrecalentamiento de los espacios, generando situaciones de discomfort térmico. Por último, el Sur permite luz homogénea.

En la figura 19 se observan las diferencias entre las curvas de iluminación en un espacio de acuerdo con las distintas orientaciones posibles.

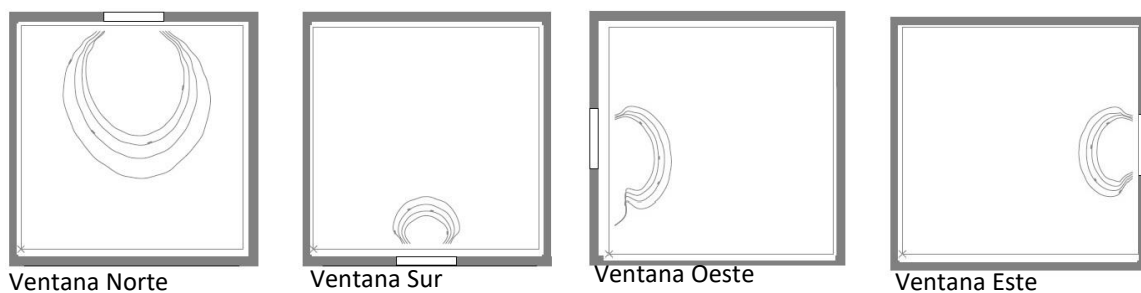


Figura 19. Diferentes orientaciones aberturas laterales. Fuente: (Dirección de Arquitectura del Ministerio de Obras Públicas, 2012)

## TRANSMISIÓN DE LUZ NATURAL

Consiste en favorecer la penetración de la luz al interior. Las posibilidades y las características de la transmisión están influenciadas por el tipo de aberturas, su morfología, tamaño, proporción y material, que determinan la cuantificación y calificación de la penetración de la luz en el edificio.

En cuanto a la ubicación y cantidad de aberturas, la iluminación puede ser unilateral, bilateral o multilateral; resultando el primer caso el más complejo para lograr una adecuada distribución de la luz en la totalidad del espacio.

## DISTRIBUCIÓN DE LUZ NATURAL

Implica dirigir y transportar los rayos para mejorar la distribución de IN en el interior de un espacio. La luz puede ingresar en un ambiente en forma directa, difusa o reflejada.

La **luz solar directa** se refiere a la porción que incide en un lugar específico proveniente directamente desde el sol, se caracteriza por su continuo cambio

de dirección, por su probabilidad de ocurrencia y la iluminancia que produce en una fuente horizontal no obstruida.

La **luz natural difusa** es aquella que proviene de la bóveda celeste sin considerar el sol; y tiene aproximadamente la misma intensidad en todas las direcciones.

La **luz solar reflejada** es aquella que llega gracias a la reflexión de los rayos en diferentes superficies, cómo pueden ser muros, pisos o cielorrasos. Este tipo de iluminación evita el deslumbramiento y genera una repartición muy uniforme. Estos diferentes tipos de luz natural pueden combinarse en un proyecto creando una iluminación directa-indirecta. Además, existen recursos arquitectónicos y de diseño que favorecen una distribución luminosa de acuerdo con las necesidades específicas de cada sector del edificio.

Algunos de estos sistemas son explicados a continuación:

- **Repisas o estantes de luz:** Elementos ubicados en forma horizontal en la ventana que, dividiendo la misma, incrementan la componente reflejada y redireccionan la luz al cielorraso, permitiendo así aumentar la penetración y mejorar la distribución. Por otro lado, disminuyen las posibilidades de deslumbramiento por luz directa en sectores próximos a la ventana. Existen diferentes opciones de acuerdo con la propuesta de diseño (Figura 20 y 21)

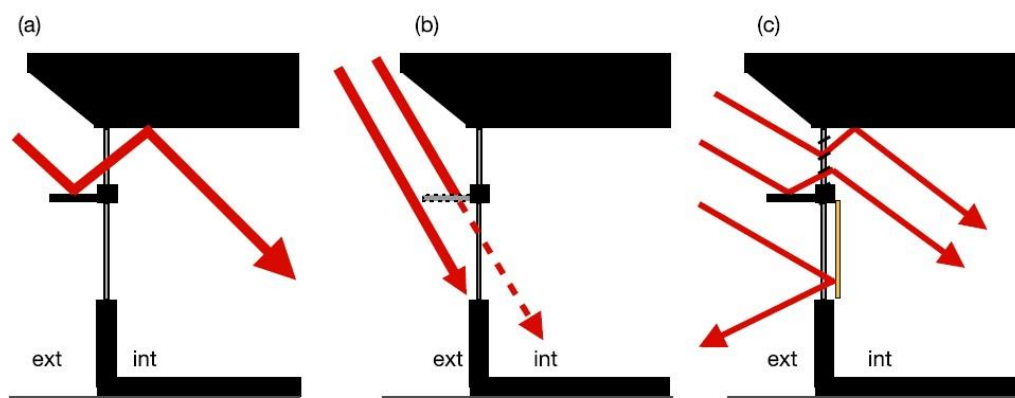


Figura 20. a. Repisa monolítica – b. Repisa con estructura tipo celosía – c. Repisa más celosía en parte superior y cortina en parte inferior. Fuente: (Dirección de Arquitectura del Ministerio de Obras Públicas, 2012)



Figura 21. Aplicación de estante de luz.  
Fuente: (2030 PALETTE (s.f.))

- **Lumiductos:** Elementos que transportan la luz desde la cubierta hacia el interior de un espacio determinado. Dicho transporte se da a partir de la reflexión de los rayos sobre una superficie interior altamente reflectante. (Figura 22)

Una de sus mayores ventajas, como se observa en las Figuras 23 y 24 es que admite el ingreso de IN en partes internas de un edificio, sin que estas estén en contacto directo con el exterior.

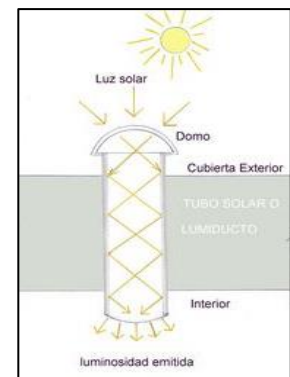


Figura 22. Lumiducto  
Fuente: (Vazquez J. 2019)

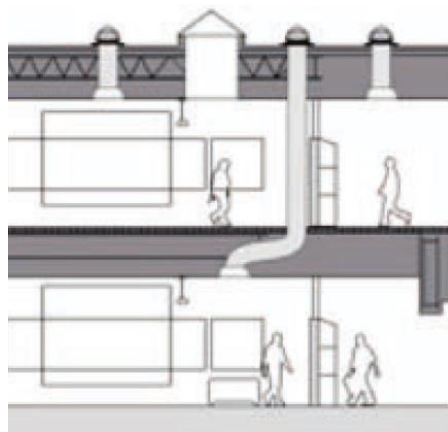


Figura 23. Esquema de lumiductos.  
Fuente: (Vazquez J. 2019)



Figura 24. Aplicación lumiducto en pasillo.  
Fuente: (Vazquez J. 2019)

- **Atrio de luz:** Espacio modificador del clima luminoso que determina el ingreso de iluminación natural subsidiando otros espacios adyacentes, generando la distribución de la luz natural en sectores interiores contiguos.

Pueden darse diferentes configuraciones de atrios de acuerdo con los requerimientos lumínicos, térmicos, edilicios, etc. (Figura 25).



Figura 25. Esquemas de atrios. Fuente: (Dirección de Arquitectura del Ministerio de Obras Públicas, 2012)

En la figura 26 se expone un ejemplo de atrio lineal en el desarrollo del edificio del College de la Terre Sainte, en Suiza..



Figura 26. Atrio lineal. Fuente (Fontoynt, M., 1999)

Además de los sistemas específicos de distribución de luz, existen otros factores que influyen en la performance luminosa. Algunos de estos factores son los siguientes:

- **Forma de la ventana:** En la Figura 27 se pueden ver las diferencias de distribución luminosa de acuerdo con los tipos de abertura. Al aumentar la cantidad de aberturas, disminuyendo su tamaño, produce altos contrastes y riesgos de deslumbramiento.

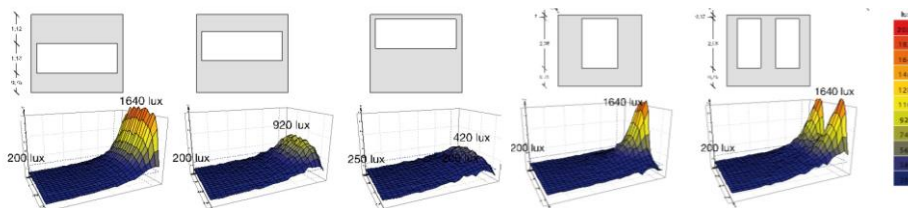


Figura 27. Esquemas de distribución luminosa según forma de la ventana. Fuente: (Dirección de Arquitectura del Ministerio de Obras Públicas, 2012)

- **Característica de las superficies interiores:** Los diferentes materiales, colores y texturas de las superficies interiores modifican la reflexión y la distribución de la luz.

Para mejorar el rendimiento de la IN es importante definir las características de las superficies de acuerdo con su coeficiente de reflexión (que mide la capacidad de reflejar la luz de un material) y el tipo de reflexión que generan (difusa, dispersa o especular); tanto en las superficies de los límites del espacio (muros, cielorrasos, etc.), como el material y distribución de mobiliario seleccionado.

## PROTECCIÓN SOLAR

Finalmente, esta estrategia consiste en evitar, en forma parcial o total, el ingreso de radiación solar, especialmente cuando esta tiene características negativas, ya sea porque genera focos de deslumbramiento, manchas de sol o sobrecalentamiento del espacio.

Se pueden encontrar como ejemplos:

- **Protecciones solares exteriores fijas:** Elementos contruidos que se ubican en la parte externa de la abertura. Es fundamental para su diseño tener en cuenta la orientación, la altura solar, etc.
  - **Aleros:** Plano horizontal sobre la ventana que permite detener la radiación directa cuando el ángulo solar es elevado (verano) y obtener ganancias cuando el mismo es menor (invierno). Ver figuras 28 y 29

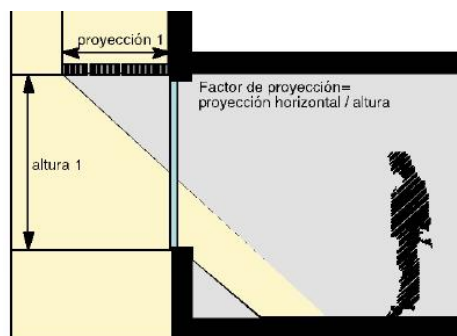


Figura 28. Alero horizontal. Fuente: (Dirección de Arquitectura del Ministerio de Obras Públicas, 2012)



Figura 29. Aplicación alero. Escuela N°4-041 A. Moreau de Justo en Lavalle. Fuente: (Pattini, 2007)



Son ideales para la orientación Norte, pero no son eficaces en el Oeste y el Este ya que el sol incide en un ángulo más bajo.

- **Parasoles:** Elementos individuales repetidos, tipo enrejado de pequeños listones, que pueden ser colocados tanto en forma horizontal o vertical y permiten disminuir la penetración de radiación solar directa. (Figuras 30 y 31)

En caso de aberturas con orientación Norte, es conveniente utilizar parasoles horizontales, y en caso de orientaciones Este – Oeste, es recomendable ubicarlos en forma vertical.

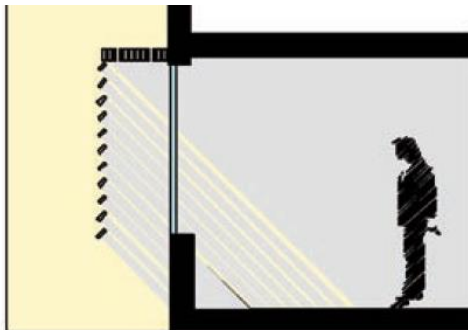


Figura 30. Parasol horizontal. Fuente: (Dirección de Arquitectura del Ministerio de Obras Públicas, 2012)



Figura 31. Parasol horizontal. Fuente: (2030 PALETTE (s.f.))

- **Protecciones solares interiores fijas:** Son elementos que se ubican en el interior del espacio y actúan como pantallas difusoras mejorando la distribución de la luz en el interior. (Figuras 32, 33 y 34)

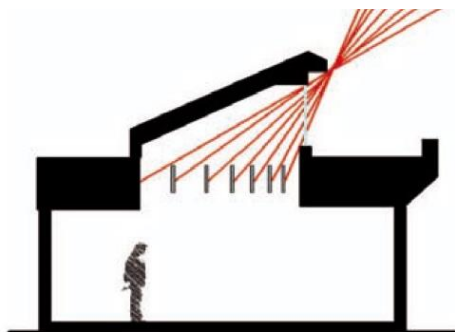


Figura 32. Esquema difusor. Fuente: (Dirección de Arquitectura del Ministerio de Obras Públicas, 2012)

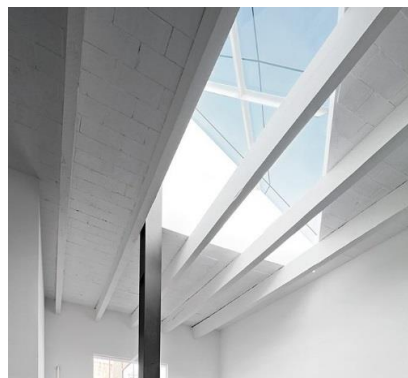


Figura 33. Aplicación de difusores



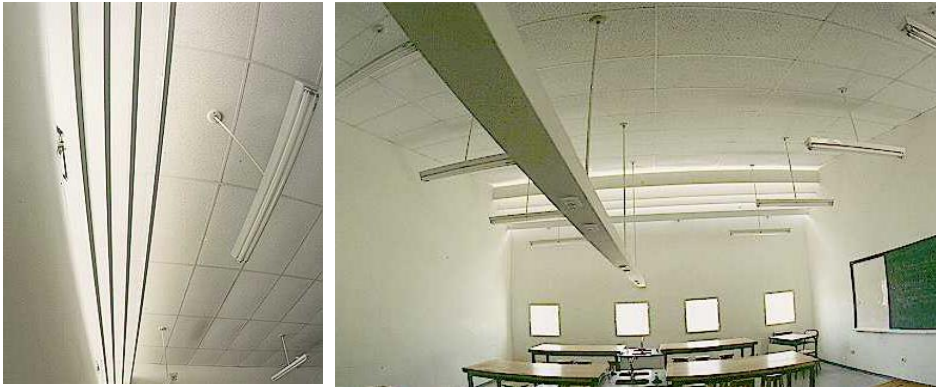


Figura 34. Aplicación de difusores en Escuela N° 4-042 de La Paz.  
Fuente (Pattini, 2007)

- **Protecciones solares móviles:** Pueden estar, o no, desarrolladas como elementos construidos del edificio, pudiendo instalarse en el interior o exterior del mismo. El mayor beneficio es la adaptabilidad a los diferentes requerimientos de iluminación, relación con el exterior, visuales, etc.; pero, por otro lado, su eficiencia depende de la manipulación y el uso de los ocupantes. En la Figura 35 se pueden ver ejemplos de dispositivos de protección móviles exteriores.



Figura 35. Protecciones solares móviles. Fuente: (Dirección de Arquitectura del Ministerio de Obras Públicas, 2012)

Para lograr mayor aprovechamiento de la luz natural en edificios es fundamental, por un lado, comprender sus principios y, por otro lado, estudiar los sistemas y herramientas posibles para su captación, transmisión, distribución, protección y control.

## 1.2.2. MARCO NORMATIVO

Al desarrollar un proyecto que ponga énfasis en las adecuadas condiciones de iluminación natural en espacios interiores, deben considerarse los niveles recomendados para la actividad que se desarrollará dentro del local proyectado; permitiendo así que las tareas se realicen en situaciones de eficacia y confort.

El marco normativo que define dichos niveles de iluminación varía de acuerdo con cada país.

En Argentina, las normas oficiales son:

- IRAM AADL J 20-03 "Iluminación Natural de Edificios"
- IRAM AADL J 20-04 "Iluminación en Escuelas. Características"
- IRAM AADL J 20-05 "Iluminación de Interiores. Niveles de iluminación".

De acuerdo con las normas antes mencionadas las tareas que se desarrollan en un determinado espacio se clasifican según su dificultad, y de acuerdo con ello varía el coeficiente de luz diurna mínimo requerido. Se entiende por coeficiente de luz diurna a la relación existente entre la iluminación en un punto determinado y a la iluminación sobre un plano horizontal procedente de la bóveda celeste sin obstrucciones.

- Reducida: Circulaciones, depósitos, requieren un coeficiente de luz diurna del 1%.
- Mediana: Trabajo común de oficina, requieren un coeficiente de luz diurna del 2%.
- Alta: Dibujo, lecto-escritura; requieren un coeficiente de luz diurna del 5%.
- Muy Alta: Montaje e inspección de mecanismos delicados; requieren un coeficiente de luz diurna del 10%.

Dentro de los establecimientos educativos, los diferentes locales se utilizan para diferentes funciones, variando también los coeficientes requeridos de luz diurna. Se pueden sintetizar los requerimientos de la siguiente forma, tomando los sectores de demandas más específicos:

- Aulas de enseñanza general – 2% de coeficiente de luz diurna. Teniendo en cuenta que la relación entre los valores de iluminación máxima y mínimos no exceda de 3 a 1.
- Aulas de enseñanza especial – 5% de coeficiente de luz diurna.
- Escaleras – 1% de coeficiente de luz diurna, evitando contrastes excesivos.

Por otro lado, la **Norma IRAM AADL J 20-04**, indica como características generales referentes a la iluminación en espacios educativos lo siguiente: *Los requisitos básicos de la iluminación en escuelas son: Un correcto nivel de iluminancia, una buena distribución y un adecuado contraste de luminancias, para lograr el máximo de confort visual.*

Esta Norma determina valores mínimos de iluminancia en escuelas, definidos para cada tarea, los mismos pueden observarse en la Tabla 1. La iluminancia, es la cantidad de flujo luminoso que incide sobre una superficie determinada por unidad de área, se mide el Lux (1 lumen por m<sup>2</sup>).

TIPO DE LOCAL	ILUMINANCIA (Lux)
Aulas comunes (lectura y escritura)	300 a 500
Sobre pizarrón (con iluminación suplementaria)	1000
Sala de lectura	400
Oficinas	500
Bibliotecas	400
Aulas especiales	750
Baños y vestuarios	100
Circulaciones	200

Tabla 1. Resumen de iluminancias mínimas en escuelas. Fuente. (Ministerio de educación. Dirección de Infraestructura, 1998)

La normativa también hace referencia a la terminación de los elementos interiores de los distintos locales, se recomienda que tendrán acabado mate y con colores claros y hace referencia a los valores de reflexión aconsejables en la Tabla 2 para todas las superficies interiores.

SUPERFICIES INTERIORES	FACTORES DE REFLEXIÓN
Cielorraso	70 – 90
Muros	40 – 60
Solados	10- 30
Puertas	20 – 60
Pizarrón	10 – 20
Bancos y mesas de trabajo	35 - 50

Tabla 2. Factores de reflexión recomendados para superficies interiores

Además, la Norma desarrolla las características de las aberturas que se planteen en las aulas a través de las siguientes recomendaciones:

- Ubicación de la abertura: En caso de contar con iluminación unilateral, es conveniente limitar el ancho efectivo del local a dos veces y media la distancia entre el piso y el borde superior de la ventana. La iluminación cenital, a pesar de que provee cantidades razonables de luz, presenta importantes problemas difíciles de solucionar, como la dificultad para evitar exceso de luminancia, la regulación, el control, el sobrecalentamiento y el mantenimiento elevado.
- Diseño de las ventanas: En general, se recomienda que las áreas vidriadas sean continuas y se extiendan hasta el cielorraso en altura y a lo largo del muro que la contiene. Se propone la colocación del borde superior de la ventana tan cerca del cielorraso como sea posible, aumentando la superficie reflejante del mismo y disminuyendo las áreas oscuras alrededor de las aberturas.
- Control de la luz natural: La luminancia excesiva y la luz solar directa, deben ser necesariamente regulados por medio de elementos, fijos o móviles, exteriores o interiores a las ventanas.

### 1.3. SONIDO Y ACÚSTICA DE LOS ESPACIOS

La acústica es una rama de la física que estudia el sonido, infrasonido y ultrasonido, es decir, ondas mecánicas que se propagan a través de la materia por medio de modelos físicos y matemáticos. Estudia la producción, transmisión, almacenamiento, percepción o reproducción de las ondas sonoras.

Por otro lado, el término también se refiere a las características de un espacio en función de la calidad de la recepción de los sonidos dentro de él. La **acústica arquitectónica** es aquella que se encarga del estudio de los fenómenos relativos a la propagación del sonido en locales y edificios.

El objetivo del análisis de la acústica en este trabajo es posibilitar que los sistemas de Iluminación Natural que se proponen se adecúen a los requerimientos acústicos de los espacios y no interfieran en el uso y funcionamiento de la escuela de música.

Para ello se plantea el análisis de los conceptos básicos que refieren al tema:

**Sonido:** Es el movimiento o perturbación de partículas que se propaga en forma de ondas a través de un medio elástico (generalmente aire); estas partículas realizan un movimiento oscilatorio alrededor de su posición de equilibrio.

**Frecuencia:** Es el número de oscilaciones por segundo que realizan las partículas en movimiento y la cantidad de ciclos comprendidos. Se mide en Hertzios (Hz).

**Ruido:** Se refiere a sonidos no deseables para el oyente; cuya composición en general es una mezcla compleja de distintas frecuencias y amplitudes. Los ruidos pueden provenir de fuentes internas o externas al propio espacio de estudio.

Los ruidos se transmiten vía aérea o vía estructural. El primer caso hace referencia a aquellos ruidos que llegan a través del aire, que generalmente llegan al espacio por medio de sus límites (ventanas, puertas, cubierta, etc). La

transmisión vía estructural sucede cuando la fuente de ruido genera vibraciones al hacer contacto directo sobre una superficie; estas vibraciones se transmiten de superficie en superficie hasta llegar al recinto receptor.

**Reverberación:** Al tocar un instrumento en un espacio cerrado, las ondas sonoras viajan en muchas direcciones; parte de esa energía se refleja una y otra vez en distintos sentidos y direcciones. Cuando se percibe una prolongación del sonido después de que el músico ha dejado de tocar, estamos frente al fenómeno de la reverberación.

Gran parte del confort acústico deseado en una sala de escuela de música se logra mediante el ajuste de los tiempos de reverberación por bandas de frecuencia.

Por otro lado, es importante estudiar los distintos fenómenos posibles en relación con las ondas sonoras y a los materiales del espacio donde las mismas se desarrollan.

**Absorción:** Propiedad de los materiales de convertir la energía sonora en calor. La cantidad de energía absorbida depende de las características y propiedades acústicas y físicas del material, tales como la porosidad, la densidad, la flexibilidad, etc.

**Reflexión:** Es el rebote de la onda sonora sobre una superficie. Cuando la energía no es absorbida ni disipada por el material de dicha superficie ocurre un cambio de dirección, produciendo un ángulo de reflexión del sonido que es igual al ángulo de incidencia.

Los materiales reflectantes se caracterizan por ser rígidos, lisos y de poca porosidad.

**Difusión:** Es la dispersión uniforme y en múltiples direcciones de la energía sonora que incide en una superficie. Ayuda a la distribución del sonido por todo el espacio; además corrige problemas acústicos como ecos y fotos de ruidos.

**Eco flotante:** Este fenómeno se presenta cuando la fuente sonora se ubica entre dos superficies paralelas muy reflectantes, al generar sonido crean múltiples repeticiones en un intervalo de tiempo muy corto; provocando pérdida de claridad en los sonidos, fatiga auditiva, entre otros.

A partir del estudio de estos conceptos básicos de acústica, se plantea el requerimiento de la **adecuación acústica** de todos los espacios de uso de una escuela de música.

### **Adecuación acústica**

Es el tratamiento que se da a un recinto, área y objeto, con el fin de controlar el comportamiento y las características del sonido que emite o incide sobre este. Es mediante la acústica arquitectónica que se realiza este tratamiento, el cual requiere de un estudio y análisis del comportamiento del sonido del recinto y sus fuentes sonoras para proponer un diseño acústico con el fin de intervenir y mejorar sus condiciones.

La adecuación acústica consta de dos tratamientos complementarios entre sí; uno de ellos es el **aislamiento acústico** y otro es el  **acondicionamiento acústico**.



### **Aislamiento acústico**

Este tratamiento se encarga de reducir y evitar la transmisión de ruido de un espacio a otro. En el caso de las escuelas de música es común encontrar, en un mismo edificio, salas adyacentes donde se dictan clases de diferentes instrumentos, o bien, espacios cercanos como parques o instituciones educativas que generan ruidos que interfieren y perjudican la formación musical dentro del recinto. Igualmente, las actividades musicales que se realicen dentro de la escuela pueden interrumpir o perturbar espacios vecinos.

A través del aislamiento acústico se reduce el nivel de ruido generado por transmisión vía aérea y vía estructural.

Existen distintos factores que intervienen en la determinación de un buen aislamiento acústico (AAc):

- Factor másico. El AAC se consigue principalmente por la masa de los elementos constructivos: a mayor masa, mayor resistencia opone al choque de la onda sonora y mayor es la atenuación.
- Factor multicapa. Cuando se trata de elementos constructivos constituidos por varias capas, una disposición adecuada de ellas puede mejorar el AAC hasta niveles superiores a los que la suma del aislamiento individual de cada capa, pudiera alcanzar. Cada elemento o capa tiene una frecuencia de resonancia que depende del material que lo compone y de su espesor.
- Factor de disipación. También mejora el aislamiento si se dispone entre las dos capas un material absorbente. Estos materiales suelen ser de poca densidad ( $30 \text{ kg/m}^3$ - $70 \text{ kg/m}^3$ ) y con gran cantidad de poros y se colocan habitualmente porque además suelen ser también buenos aislantes térmicos. Así, un material absorbente colocado en el espacio cerrado entre dos tabiques paralelos mejora el aislamiento que ofrecerían dichos tabiques por sí solos.



### Acondicionamiento acústico

Este tratamiento se encarga de controlar el comportamiento del sonido dentro del recinto, ajustando los tiempos de reverberación a partir de la intervención de las características físicas de las superficies internas, por medio de revestimientos con elementos diseñados para mejorar el desempeño y el funcionamiento acústico del recinto.

El diseño de acondicionamiento acústico se realiza mediante la combinación de materiales y elementos que produzcan efectos de absorción, reflexión y difusión sobre la energía sonora dentro del recinto.

No es menester de este trabajo realizar la adecuación acústica de los diferentes espacios de la escuela de música, pero el estudio de estos conceptos permitirá que los sistemas planteados no interfieran los posteriores tratamientos y decisiones referentes a dicha adecuación.



## 2. CASO DE ESTUDIO Y METODOLOGÍA DE INVESTIGACIÓN

## 2.1. ENTORNO GEOGRÁFICO Y AMBIENTAL

### Clima Luminoso del Entorno – General Aalvear, Mendoza

Hablar de clima luminoso, significa conocer la disponibilidad lumínica de cada región, pero a la vez, definir como se manifiestan las fuentes lumínicas. El sol determina las características esenciales de la luz natural disponible, el largo de los días y sus cambios estacionales. Estas características dependen de los movimientos de la tierra, del ángulo de sus ejes y del ángulo de la superficie iluminada respecto al ángulo de incidencia del rayo de luz, denominado efecto coseno (Córica, 2010).

El lugar de emplazamiento del edificio corresponde a un loteo ubicado en el departamento de General Alvear de la provincia de Mendoza.

Es necesario realizar la caracterización del clima del lugar identificando los distintos parámetros que lo componen. Estos factores nos ayudan a entender el comportamiento del medio natural en que se emplaza un proyecto de modo de conocer las ventajas que podemos aprovechar y de qué elementos climáticos es necesario protegerse.

La intensidad luminosa del cielo depende de factores climáticos que se traducen, en el caso de la iluminación, en las variaciones del cielo, si un día está despejado, nublado o parcial. Estas variaciones son determinantes en la distribución de luminancia y de la iluminancia interior.

La iluminación global recibida de la bóveda celeste está conformada por dos componentes: la luz solar directa, propia de un día despejado, y la luz solar difusa, propia de un día cubierto, estas variaciones permiten comprender los distintos tipos de cielo.

La luz directa proveniente del sol proporciona un flujo luminoso que es fácil de capturar y dirigir en el espacio que deseamos iluminar. Sin embargo, al ser una luz dinámica, a menudo resulta una fuente de deslumbramiento. Su disponibilidad es esporádica y depende de la orientación de las aberturas.

La luz solar difusa transmitida a través de la capa de nubes está disponible en todas las direcciones y provoca un bajo riesgo de deslumbramiento y de sobrecalentamiento. Su intensidad, en ocasiones, puede considerarse insuficiente.

El caso de estudio, como se mencionó anteriormente, corresponde al edificio destinado a la Escuela de Música Alas del Viento, ubicada en la Ciudad de General Alvear.

El proyecto se encuentra en instancia de desarrollo, por lo que podrán aplicarse todas las estrategias devenidas de este estudio para su aplicación en la construcción.

Para estimar la cantidad de luz natural en una localidad, y así elegir las estrategias de iluminación natural, conocer los tipos de cielos es un factor determinante. Dada la variedad de condiciones meteorológicas existentes y la variabilidad de los cielos, la Comisión Internacional de Iluminación (CIE) define tres modelos de cielo estándar (Ver Figura 36)

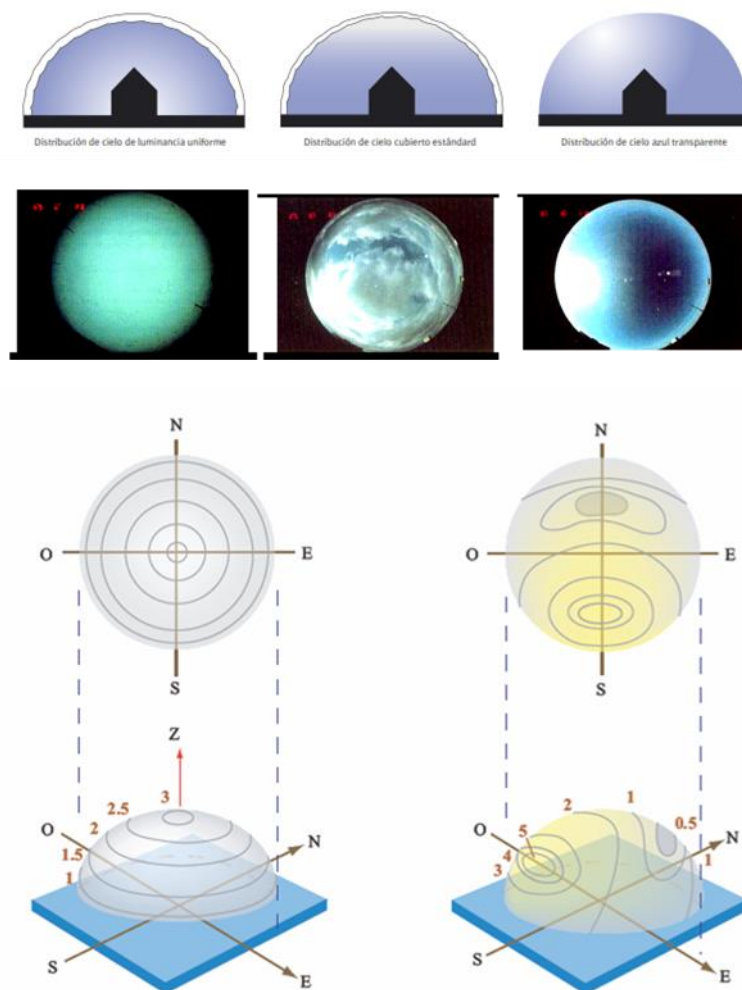


Figura 36 Tipos de cielo. Fuente: (Pattini 2006)

CIELO CUBIERTO:

Definido para climas fríos por la CIBSE -Estandarización Británica- como un cielo cubierto en un 90% por nubes con sol no visible. Otras clasificaciones incluyen en este tipo de cielo cuando la proporción de nubes va desde un 70 a 100%. Fig. 37

CIELO PARCIALMENTE DESPEJADO:

Con presencia estacional del sol alternada por períodos de nubosidad variable (climas templado húmedo y cálido húmedo), la iluminancia en una superficie horizontal exterior no obstruida bajo este tipo de cielos, puede variar entre 100.000 lux (sin nubes) y 10.000 lux (con nubes interceptando el sol). Fig 37

CIELO CLARO:

Definido por la CIBSE -Estandarización Británica- como un cielo no obstruido por nubes y por la IESNA -Estandarización Norteamericana- como un cielo obstruido en un porcentaje menor al 30%. En todos los casos se trata de una bóveda celeste donde el sol no está obstruido por las nubes. Su relación de luminancias es de 1 en el horizonte a 0,5 en el cenit. Fig 37



Figura 37. Descripción de los tipos de cielo. Fuente: Elaboración Córica

La Ciudad de General Alvear, situado en la provincia de Mendoza, está ubicada en una región semi-árida, en el centro-oeste de la República Argentina, en la denominada zona templada central. (Figura 38)

La localización geográfica de la ciudad es de Latitud  $34^{\circ}58''S$  y longitud  $67^{\circ}42''O$ . Al no existir datos para la localización determinada, se tomará como referencia el clima luminoso de la Ciudad de Mendoza, a los fines de establecer una condición de cielo de diseño.

En el mismo se da un predominio de cielo claro, con valores de Iluminancia Global máximos medios de 110.000 lux en verano y de 60.000 lux invierno y presenta la frecuencia media de días de cielo claro de 166/año.

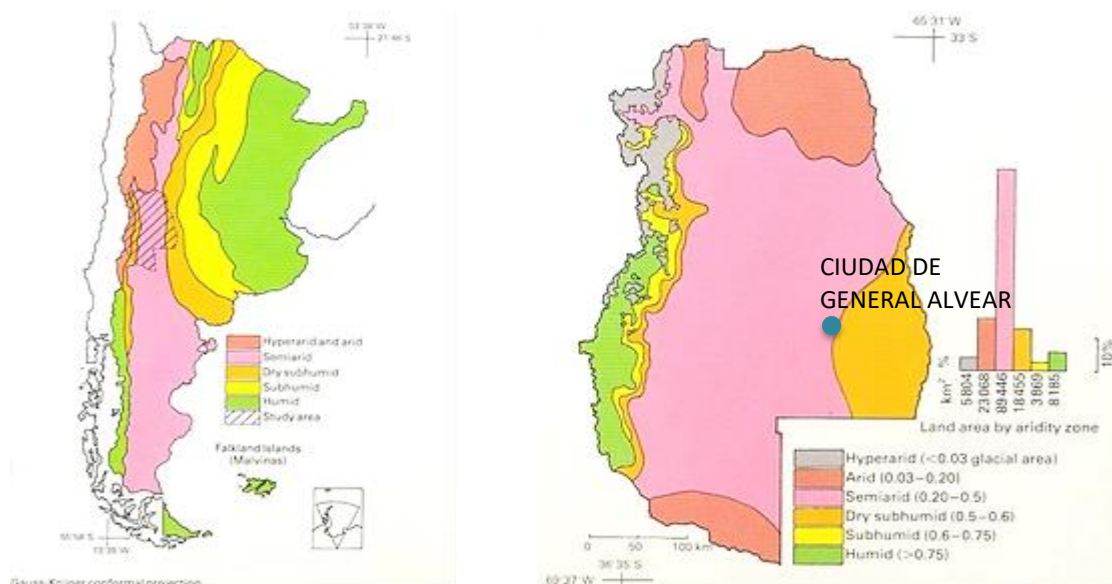


Figura 38. Mapa zonas áridas Argentina y Mendoza. Fuente (Corica, 2008)

En este apartado se desarrollarán aquellos parámetros que influyen en la iluminación natural, como lo son la radiación solar, el asoleamiento, la nubosidad, entre otros.

- **Radiación Solar:** Es el conjunto de radiaciones electromagnéticas emitidas por el sol. Depende de la inclinación con que llegue a la superficie de la tierra y del ángulo que se encuentre el sol respecto del Norte. La radiación solar tiene una componente de radiación directa y otra componente de radiación solar difusa. Mendoza se encuentra ubicado a  $32^{\circ}40''$  de latitud Sur, la posición del sol es baja para los meses de mayor requerimiento (junio y julio).

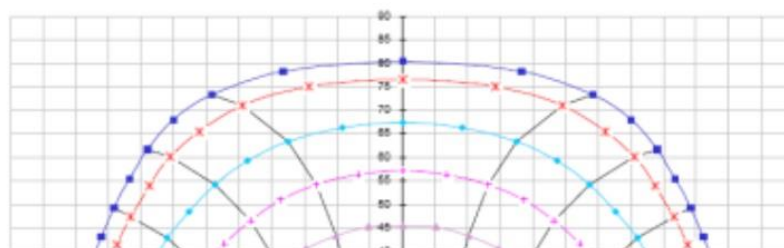
Analizando los valores que surgen al mediodía solar, cuando el sol ocupa la posición más alta, para la época invernal, se obtienen los valores de altura solar presentes en la Figura 39

	Mayo	Junio	Julio	Agosto
Latitud: $-32^{\circ}68''$	$39^{\circ}.21''$	$34^{\circ}.91''$	$36^{\circ}.82''$	$44^{\circ}.54''$

Figura 39. Valores de altura solar para la Ciudad de Mendoza

Estos valores son fundamentales para analizar las posibles obstrucciones a la potencial ganancia de energía solar. Para considerar el máximo aprovechamiento de un sistema, se establece un período de 6 horas, tomando aquellas de máxima radiación solar en el lapso comprendido entre las 9 y las 15hs.

Una herramienta utilizada para el diseño teniendo en cuenta lo mencionado anteriormente es la carta solar (Figura 40), que es una representación gráfica sobre el plano de la incidencia solar respecto a la latitud de la edificación. Nos permite conocer de manera precisa, la posición solar en relación con el azimut y con el ángulo solar en cada hora y minuto del día.



En la Figura 41 se expone la intensidad de rayos solares para la región. Los valores de radiación global registrados en la zona de Mendoza son altos presentando variación a lo largo del año, de acuerdo con la marcha estacional.

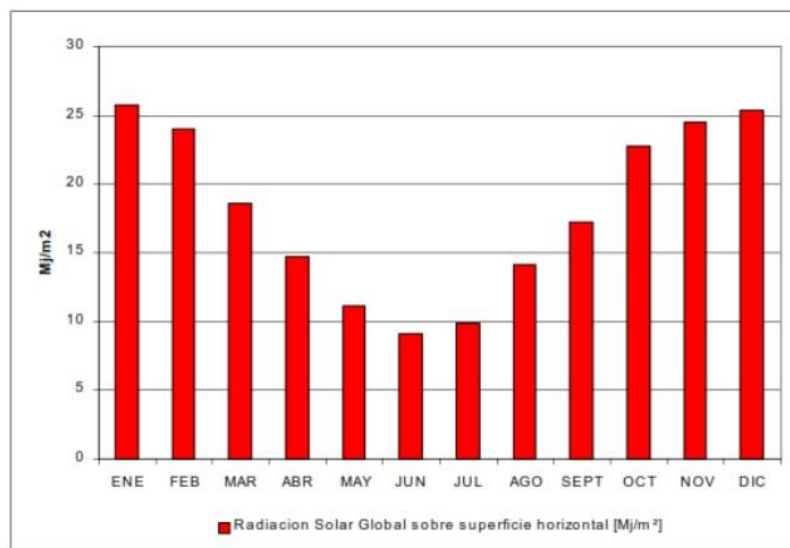


Figura 41. Valores de radiación Global. Promedio mensual. Fuente (Corica, 2008)

- **Asoleamiento:** Se refiere a la trayectoria solar que recibe el sitio de proyecto y posteriormente los espacios interiores del edificio ya construido. La incidencia del asoleamiento depende de la ubicación del proyecto con respecto al sol.

La duración del día varía considerablemente durante el año. El día más corto es el 21 de junio, con 9 horas y 48 minutos de luz natural; el día más largo es el 22 de diciembre, con 14 horas y 31 minutos de luz natural.

- **Nubosidad:** Se deben considerar la cantidad de días cubiertos y la extensión de cielo cubierto por nubes. Mendoza cuenta con un régimen continental de nubes, debido a que, por distancia, no recibe la influencia marítima del Atlántico, y por protección de la cordillera, no se ve influenciado del Pacífico. La nubosidad de la región muestra valores inferiores al 40% de cielo cubierto. El promedio de dicho porcentaje varía considerablemente en el transcurso del año. La parte más despejada del año va desde el 11 de octubre; al 22 de abril. Durante este periodo el cielo está despejado el 83% del tiempo y nublado el 17 % del mismo. Por otro lado, la parte más nublada del año comienza aproximadamente el 22 de abril y se termina aproximadamente el 11 de octubre; y el cielo está nublado el 49 % del tiempo y despejado el 51 % del tiempo. (Servicio Meteorológico Nacional Argentino para el período 1981-90). Resultando el promedio anual de duración de sol es de 2850 horas.

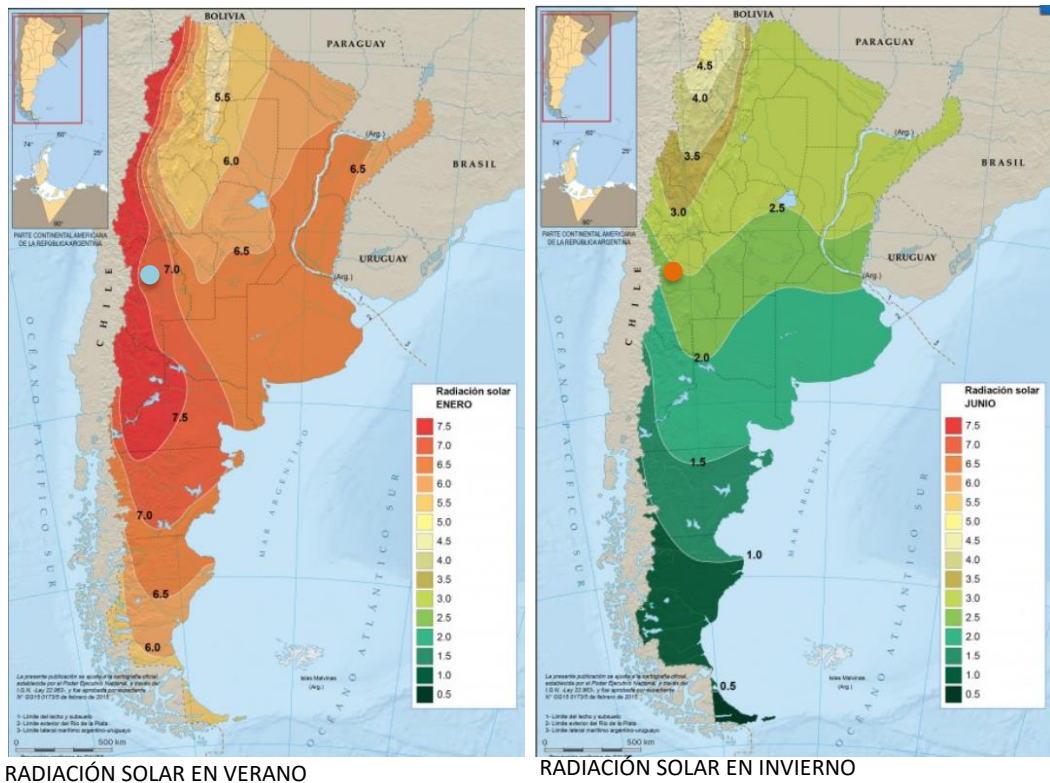
Desde el punto de vista de la iluminación, el clima luminoso de Mendoza, a los fines de establecer una condición de cielo de diseño, es predominantemente cielo claro, con valores de Iluminancia Global máximos medios de 110.000 lux en verano y de 60.000 lux en invierno.

- **Heliofanía:** Representa la duración del brillo del sol u horas de sol. La heliofanía relativa se calcula dividiendo la duración del brillo solar por la cantidad de horas posibles para una localidad específica. Los valores son elevados dado que Mendoza recibe la mayor parte de los días de verano, unas 14 horas aproximadamente, mientras que en invierno la luz natural se reduce a unas 10 horas diarias. A pesar de esta disminución, debida a la variación de horas de sol, sumada al aumento en la nubosidad, hace que la heliofanía efectiva mantenga todavía valores altos. Las mediciones de heliofanía relativa presentan que el



promedio anual está por encima de las 8 horas diarias (entre el 65 y 75% del máximo posible).

De acuerdo con lo mencionado y como se observa en el mapa correspondiente a la Figura 42 la disponibilidad de radiación solar es importante en el área de estudio.



RADIACIÓN SOLAR EN VERANO

RADIACIÓN SOLAR EN INVIERNO

Figura 42.. Mapa radiación solar Argentina. Fuente (Corica, 2008)

## 2.2. CASO DE ESTUDIO

### 2.2.1. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO

El caso de estudio, como se mencionó anteriormente, corresponde al edificio destinado a la Escuela de Música Alas del Viento, ubicada en la Ciudad de General Alvear.

El proyecto se encuentra en instancia de desarrollo, por lo que podrán aplicarse todas las estrategias devenidas de este estudio para su aplicación en la construcción.

#### LOCALIZACIÓN DEL PREDIO

La luz disponible depende del entorno donde se encuentra localizado el edificio. Un conjunto de factores adquiere importancia: el relieve del terreno, la forma y altura de las construcciones vecinas, el coeficiente de reflexión de los suelos circundantes y la presencia de vegetación en el entorno inmediato.

El predio donde se implanta el edificio se encuentra ubicado a 3km del centro de General Alvear, en un área de expansión de la ciudad. (Figura 43)



Figura 43. Ubicación del predio. Fuente: Elaboración propia

Está emplazado en un área suburbana (ver Figura 44), en un entorno de bajo desarrollo de infraestructura. Una de las calles donde se emplaza es actualmente de ripio y la otra está en proceso de apertura y tendrá características similares. Ver figuras 45 a 48.



Figura 44. Ubicación del predio. Fuente: Elaboración propia

No existen obstrucciones considerables en la mayoría de sus lados perimetrales, únicamente los forestales sobre la vereda sur, por lo que no implican obstrucción a nivel solar.

El terreno tiene una superficie de 740m<sup>2</sup>, se ubica en esquina y tiene forma de L, con frente Sur y Oeste.



Figura 45. Entorno de proyecto. Fuente: Elaboración propia





Figura 46. Vereda Sur – Arbolado.  
Fuente: Elaboración Propia



Figura 47. Terreno y colindantes.  
Fuente: Elaboración propia



Figura 48. Terreno de proyecto. Elaboración Propia

## 2.2.2. PROYECTO ARQUITECTÓNICO

En la propuesta se busca que el edificio funcione como integrador ambiental, social y cultural, desde su construcción hasta su operación. La arquitectura es un bien común, de allí que los espacios abiertos que conforman el proyecto tengan vocación de uso público. La escuela se entiende como un espacio de interacción social, un ámbito físico donde se aprende, se crea y se recrea la expresión colectiva, la diversidad cultural y social. Esto se logra a través del espacio de acceso, que es atrio, es patio, y es expansión del auditorio, facilitando así la accesibilidad, la movilidad y la operación de la escuela, en su instancia educativa, recreativa y cultural.

El proyecto se sectoriza en áreas académicas, administrativas, y aquellas de uso público comunitario, permitiendo flexibilidad, multiplicidad y simultaneidad de usos de acuerdo con los requerimientos (Figura 49 y 50). Las salas de ensayo y las aulas se ordenan en formato de peine, permitiendo la interacción cotidiana con el espacio abierto, facilitando la iluminación y ventilación natural. Esta tipología, posibilita la construcción del edificio en etapas, sin que las obras futuras afecten el funcionamiento diario de la escuela.

El auditorio se diseña como un recinto flexible, de tal manera que se puede usar de forma tradicional, o el escenario se integra con el patio público duplicando su capacidad de espectadores. Su silletería es retráctil, transformando el espacio en un salón apto para todo tipo de actos sociales; y cuenta con la posibilidad de que funcione en horas diurnas como sala de ensayo, pudiéndose acceder al mismo tanto desde el patio central como desde el acceso principal al auditorio.

El proyecto, que responde a la compleja forma del terreno de acotada superficie y al extenso programa de necesidades, se desarrolla a partir de un exhaustivo estudio de las dimensiones y proporciones de cada uno de los espacios para los usos requeridos. Como punto de partida, se divide el terreno en "L" en dos, definiendo una zona pública y una privada, dejando el gran patio en el vértice, como elemento vinculante de ambas alas. En directa relación con el patio-atrio, se ubica la recepción y el área administrativa, que comunica

directamente con el sector académico. Este se ordena en tres sectores (bloques) de aulas, agrupando las mismas por tamaños y usos, repetidos en dos niveles. Hacia el norte y, apoyado sobre el eje colindante, se ubican los servicios, sanitarios, depósitos, y cocina.



Figura 49. Planta baja. Proyecto arq. Fuente: Elaboración propia



Figura 50. Planta alta. Proyecto arq. Fuente: Elaboración propia



También desde el patio, se puede acceder al auditorio, que tiene a su vez, entrada por la calle Chañaral (acceso de público). El mismo se desarrolla en doble altura, exceptuando un sector de depósitos y sala de proyecciones.

Dadas las limitaciones que presenta la morfología del lote en relación con el Norte solar y en función a la complejidad del edificio en cuanto a superficies de espacios de uso, el proyecto resultante no responde de la forma más adecuada según las estrategias de diseño pasivo de iluminación natural. Puntualmente, la posibilidad de tener la fachada principal orientada al Norte como superficie de potencial captación del recurso, como propuesta más conveniente, resulta imposible. Por lo que, todas las aulas se orientan en sentido Este – Oeste, y el sector administrativo, al Sur, situación que hace fundamental el estudio de sistemas de control de iluminación y mejora de confort lumínico interior.



Figura 51. Vista general desde vía pública. Fuente: Elaboración propia



Figura 52. Vista atrio de acceso. Fuente: Elaboración propia



Figura 53. Vista desde atrio de acceso hacia auditorio. Fuente: Elaboración propia.



### 2.2.3. USOS, PROGRAMAS Y HORARIOS DE LA ESCUELA

En cada proyecto edilicio, se establecen diferentes tareas visuales de acuerdo con el uso de cada uno de los espacios y por ello la iluminancia requerida en el plano de trabajo tiene requerimientos visuales diferentes. Es fundamental conocer los horarios de uso y las actividades desarrolladas en cada sector.

Las instituciones educativas se encuentran comprendidas dentro de la categoría «edificios no residenciales», siendo su ocupación intermitente. Por otro lado, las actividades que se desarrollan a lo largo del año se realizan en forma organizada y programada previamente.

La escuela funciona en diferentes horarios de acuerdo con cada una de las actividades que se desarrollan en ella, generalmente en contra turno.

Los horarios y actividades son los siguientes:

De lunes a viernes:

- Turno Mañana (8.30 a 11.00): Clases de teclado (aulas mínimas), Ensayo de grupos de ensamble de cámara (aulas mínimas)
- Turno Siesta (15.00 a 18.00): Clases individuales de instrumentos (boxes), talleres de integración de grupos nuevos (aulas medianas y grandes), clases de niños pequeños (aulas medianas y grandes).
- Turno Tarde (18.00 a 21.00): Clases grupales (aulas grandes), ensayos orquestales (aulas grandes, SUM, auditorio)

Sábados:

- Turno Mañana: (8.00 a 10.00) Clases de instrumentos individuales y grupales (boxes y aulas chicas). (10.30 a 12.30) Ensayos generales (SUM y auditorio).

Los espacios de mayor interés para este trabajo son aquellos donde se efectúan las actividades de estudio y ensayo, como son las aulas y el auditorio. Los usos de estos sectores son los siguientes:

- Boxes: Estudio individual de todos los instrumentos orquestales.
- Aulas Mínimas: Dictado de clases de instrumentos en grupos pequeños, alrededor de 4 alumnos.
- Aulas Medianas: Ensayo de instrumentos en fila y ensayos de pequeños grupos.

- Aulas Grandes: Ensayos seccionales, agrupando todas las cuerdas (violín, viola, chelo y contrabajo)
- SUM: Ensayos grupales grandes. Actividades extra académicas, como reuniones, encuentros de alumnos, profesores, merienda, entre otras.
- Auditorio: Este espacio plantea diferentes usos. Por un lado, el de funcionar como espacio para ofrecer conciertos estudiantiles; por otro, actúa como ámbito de desarrollo de ensayos generales de la orquesta completa; y, por último, como salón de usos múltiples de mayor escala que los mencionados anteriormente.

## 2.3. METODOLOGÍA DE ANÁLISIS

Las metodologías para aplicar en el estudio de iluminación del edificio del caso de estudio están organizadas en las siguientes etapas:

### a. Estudio de situación actual de la Institución. Diagnóstico

Análisis de características y condiciones de IN del actual edificio utilizado para el desarrollo de las actividades de la Orquesta Escuela, a través de un diagnóstico observacional de las condiciones lumínicas de las distintas unidades del edificio, en base al análisis de la relación entre las dimensiones del espacio, con las dimensiones de las aberturas, materialidad y acabados, su orientación, posibles obstrucciones, etc.

### b. Identificación de espacios que requieran mejoras de IN

A partir del diagnóstico realizado y en función a los usos establecidos para cada espacio, se realiza la identificación de casos con situaciones críticas que requieran mejoras de IN.

### c. Determinación de estrategias para el proyecto del nuevo edificio

Definición de las estrategias de aprovechamiento de luz natural para el futuro edificio de la Escuela de Música, planteando las incorporaciones y modificaciones al proyecto que sean necesarias para cada uno de los espacios identificados anteriormente.

Diseño de sistemas innovativos de control, optimización de IN y determinación de su correcto uso y aplicación.

### d. Métodos y herramientas de análisis

Estudio y verificación de dichas estrategias y sistemas a partir del relevamiento lumínico de los espacios de intervención bajo la construcción de un modelo a escala y su análisis en heliodón para condiciones de cielo claro. Las mediciones en un modelo a escala resultan muy precisos, ya que los niveles de luz medidos en él y su distribución será exactamente igual a la que se obtendrá en el local a escala 1:1 (esto ocurre porque las ondas de luz son extremadamente chicas en comparación con el modelo a escala –

1:20); por otro lado, este método permite evaluar la calidad del espacio interior a través de la observación directa.

Se confecciona el modelo a escala 1:20, escala que posibilita la evaluación sobre comportamiento de estrategias de iluminación incluyendo la penetración y distribución de la luz natural.

Interiormente se respetan las reflectancias de las superficies de cerramiento y de su equipamiento, ya que las mismas afectan el nivel de la iluminación, de la misma forma que la textura de dichas superficies.

Se cuida particularmente las posibles infiltraciones de luz, ya que su distribución debe ser evaluada con precisión; para esto se tapan todas las uniones entre elementos del modelo con cinta negra opaca como se observa en la Figura 54



Figura 54. Modelo a escala. Fuente: Elaboración propia

El modelo es evaluado bajo cielo real, buscando realizar las mediciones bajo condiciones similares a las esperadas en la futura ubicación del edificio. Esto permite observar los efectos simultáneos de la luz solar directa y de la luz difusa del cielo.

Para obtener la distribución de cielo real y colocarse en un ángulo solar correcto relativo al modelo, se utiliza un Heliodón (Jackaway, 1977) asociado a un reloj solar para la latitud del lugar donde se emplaza el edificio real (Moore, 1983). El heliodón resulta una herramienta con un importante grado de ajuste a la realidad, que permite el estudio en condiciones diversas, completando la dinámica diurna y anual de IN, con sus respectivas variantes en intensidad luminosa y ángulos de incidencia de rayos solares (Ver figura 55).



Figura 55. Modelo a escala sobre heliodón. Fuente: Elaboración propia

Para las mediciones, se consideran los momentos más representativos del año, los solsticios de invierno y verano y el equinoccio de marzo, y se realizan tomando como referencia tres horarios; 10h para el periodo de mañana, 12h

para el mediodía y 16h para la tarde, completando así la dinámica diurna y anual de la iluminación natural según la incidencia de rayos solares y las variaciones de intensidad luminosa. La evaluación bajo cielo real se realiza en el mediodía solar, ya que corresponden a la mayor estabilidad de luminancia del cielo.

Para definir los ángulos de inclinación del heliodón se utiliza un reloj solar calculado y construido con el programa Shadow Pro (<https://www.shadowspro.com/es/index.html>) para la longitud y latitud de la Ciudad de Mendoza (Figura 56 y 57).

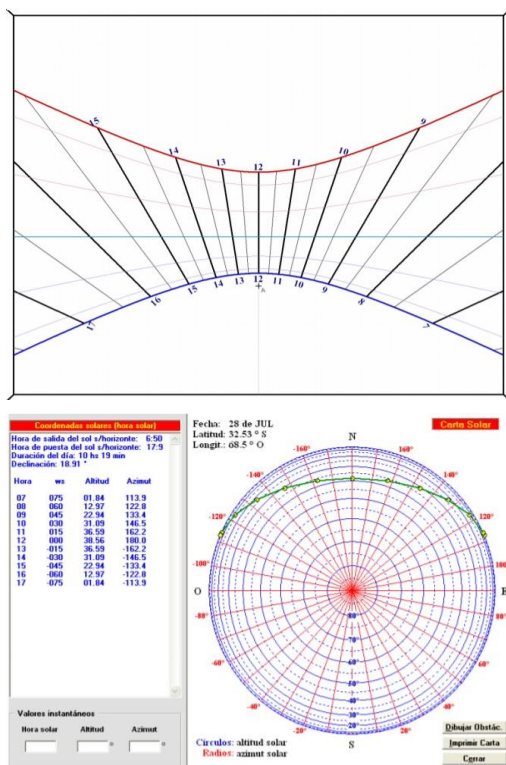


Figura 56. Reloj solar. Fuente: (Shadow Pro - Relojes de sol y astrolabios, s.f.)



Figura 57. Reloj solar sobre modelo. Fuente: Elaboración propia

Para medir los niveles de iluminación se utiliza un radiómetro LI-COR 189 con sensor fotométrico LI-210 SB y base niveladora 2003 S; correctamente fijado en los puntos de medición seleccionados como se observa en la Figura 58.



Figura 58. Luxímetro en punto de medición. Fuente: Elaboración propia

Posteriormente se procede a la validación de las estrategias y sistemas desarrollados en base a mediciones diurnas y estacionales, con registro fotográfico de las diferentes situaciones a lo largo de un año. Esto en base a la comparación de las situaciones actuales con los valores obtenidos en cada escenario según estrategias propuestas, permitiendo de esta forma validar la eficiencia de los sistemas.

La evaluación en modelos a escala es la mejor de las herramientas para evaluar la iluminación natural en edificios por varias razones. En primer lugar, porque las propiedades físicas de la luz no introducen errores debidos a la escala, por otra parte se pueden reproducir las condiciones del edificio real, provee evaluación cuantitativa y cualitativa. No importa cuan complicada sea la estrategia de iluminación natural a evaluar, un modelo a escala permite predecir los resultados con un ajuste de aproximadamente del 2%. Ninguna otra técnica de predicción, ni gráfica ni matemática, puede lograr el ajuste que logra esta técnica. (Pattini A. , Evaluación de la iluminación natural en edificios. Modelo a escala)

### 3. ANÁLISIS Y DIAGNÓSTICO DE ILUMINACIÓN NATURAL



Como etapa de análisis observacional, se realiza el estudio comparativo de los diferentes espacios de uso según el programa de necesidades al que responde el proyecto arquitectónico planteado. En una grilla se organizan todos los locales según su propuesta funcional. Luego se especifican las superficies de cada local, el tipo de abertura que posee, con su correspondiente orientación y el porcentaje de iluminación disponible tomando la relación entre la superficie de la abertura y la superficie del local analizado (Tabla 3).

El valor mínimo referente al porcentaje de iluminación requerido es del 12% según el código de edificación; de acuerdo con esto todos los espacios cumplen con dicho requerimiento. Sin embargo, para la realización de tareas de lecto-escritura y alta concentración ocular es preferible ampliar dicho rango para así obtener mejores niveles de iluminancia en las superficies de trabajo.

Por otro lado, es importante analizar la orientación de las aberturas, y si las mismas se ubican en solo uno de los laterales de la habitación o en dos (unilateral o bilateral), para conocer la forma de incidencia de los rayos solares en cada uno de los espacios y poder considerar la necesidad de protecciones para evitar ingreso directo y áreas de deslumbramiento.

De este análisis, se detectan como espacios críticos los sectores resaltados de la tabla. Los mismos, representan áreas que, en función a sus actividades, pueden requerir mayores niveles de iluminación o necesitar sistemas de control para mejorar el confort lumínico interior y así optimizar las actividades que allí se realizan.

## PROGRAMA

					ORIENTACIÓN	TIPOLOGÍA DE ABERTURA	% ILUMINACIÓN
ADMINISTRACIÓN	1	Recepción	25m <sup>2</sup>	25m <sup>2</sup>	S	Unilateral	70%
	3	Oficinas	12m <sup>2</sup>	36m <sup>2</sup>	S   O	Unilateral	8%
	1	Sala de reuniones	12m <sup>2</sup>	12m <sup>2</sup>	S	Unilateral	37%
	2	Sanitarios personal	2m <sup>2</sup>	4m <sup>2</sup>	--	---	---
AULAS	8	Boxes	3m <sup>2</sup>	24m <sup>2</sup>	E	Unilateral	40%
	8	Aulas mínimas	12m <sup>2</sup>	96m <sup>2</sup>	O	Unilateral	21%
	2	Aulas medianas	16m <sup>2</sup>	32m <sup>2</sup>	O	Unilateral	25%
	2	Aulas Grandes	23m <sup>2</sup>	46m <sup>2</sup>	E   O	Bilateral	35%
	2	SUM – Sala de ensayo	50m <sup>2</sup>	100m <sup>2</sup>	O	Unilateral	16%
SERVICIOS	2	Sanitarios	22m <sup>2</sup>	44m <sup>2</sup>	--	---	---
	2	Sanitarios discapacitados	4m <sup>2</sup>	8m <sup>2</sup>	--	---	---
	1	Cocina	12m <sup>2</sup>	12m <sup>2</sup>	--	---	---
	1	Depósito Instrumentos	12m <sup>2</sup>	12m <sup>2</sup>	--	---	---
	2	Depósitos limpieza	3m <sup>2</sup>	6m <sup>2</sup>	--	---	---
AUDITORIO	1	Hall	20m <sup>2</sup>	20m <sup>2</sup>	S	---	---
	1	Boletería	4m <sup>2</sup>	4m <sup>2</sup>	S	---	---
	1	Sanitarios	12m <sup>2</sup>	12m <sup>2</sup>	--	---	---
	1	Sala cap,80 personas	60m <sup>2</sup>	60m <sup>2</sup>	E	Unilateral	1%
	1	Escenario(min 7mx9m)	63m <sup>2</sup>	63m <sup>2</sup>			
	1	Sala Proyecciones	6m <sup>2</sup>	6m <sup>2</sup>	--	---	---
Circulaciones y muros				30%	--	----	---
<b>TOTAL</b>				<b>820m<sup>2</sup></b>			

Tabla 3. Programa. Fuente: Elaboración propia

A partir de lo expuesto, se identifican cuatro sectores de intervención para el desarrollo de estrategias de IN: *Bloque de aulas mínimas y boxes*, *Bloque de aulas medianas y grandes*, *Bloque de SUM* y *el Auditorio* (Figura 59)



Figura 59. Plano referencias bloques . Fuente: Elaboración propia

### 3.1. DESCRIPCIÓN MORFOLÓGICA DE LOS CASOS DE ESTUDIO IDENTIFICADOS

#### 3.1.1. BLOQUE AULAS MEDIANAS Y GRANDES

Dadas las características tipológicas similares entre los dos bloques de aulas y el bloque de SUM, se considera el análisis detallado de uno de ellos, el BLOQUE DE AULAS MEDIANAS Y GRANDES, como sector representativo, pudiendo replicarse las estrategias utilizadas en el resto de las aulas.

Este edificio presenta tipología rectangular en planta, con la disposición de dos aulas, que se orientan hacia el Este y el Oeste.

El bloque colinda con dos patios interiores de características morfológicas similares, cuyas dimensiones son 10,80 (sentido Norte – Sur) x 4.10 (en sentido Este – Oeste), dichos patios están circunscriptos por construcciones de dos niveles de altura (7m aprox)



Figura 60 Plano referencial aulas medianas y grandes. Fuente: Elaboración propia

Las **Aulas Medianas (AM)**, cómo puede observarse en la Figura 60 (resaltado en color azul) se orientan al Oeste. Cuentan con iluminación unilateral, con una abertura rectangular, de 2,50m x 1,60m de altura, de una superficie correspondiente al 30% del tamaño del muro (Figura 62). El porcentaje general de iluminación es del 25% según la superficie total del local. Dicha proporción de la abertura permite el ingreso de buena cantidad de iluminación, aunque, por su orientación, ingresará luz difusa en horas de la mañana y rayos de luz directa en horas de la tarde, generando importantes sectores de deslumbramiento. Por otro lado, la ubicación y dimensión de la abertura pueden ocasionar áreas de alto contraste entre el sector Norte (azul) y el sector Sur (naranja) de la propia aula. (Figura 61)

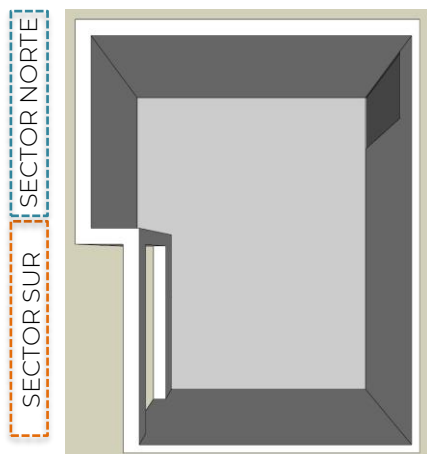


Figura 61. Axonometría aulas medianas.  
Fuente: Elaboración propia

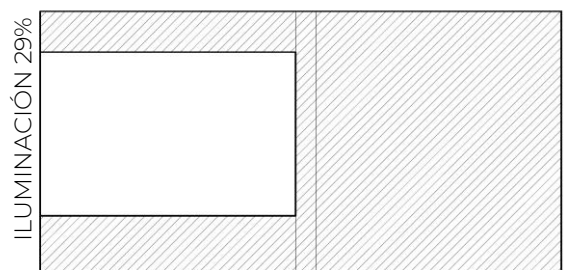


Figura 62. Muro Oeste Aulas medianas.  
Fuente: Elaboración propia.

Las **Aulas Grandes (AG)** cuentan con iluminación bilateral, tienen dos aberturas rectangulares, una en el muro E, y otro en el muro O (Ver figura 63), de iguales dimensiones (2,50m x 1,60m de altura), que representan el 30% del tamaño del muro donde se ubican, de 5,30m x 2,60m de altura (Figuras 64 y 65). Ambas aberturas permiten un porcentaje general de iluminación del 35% aproximadamente respecto de la superficie general del espacio.

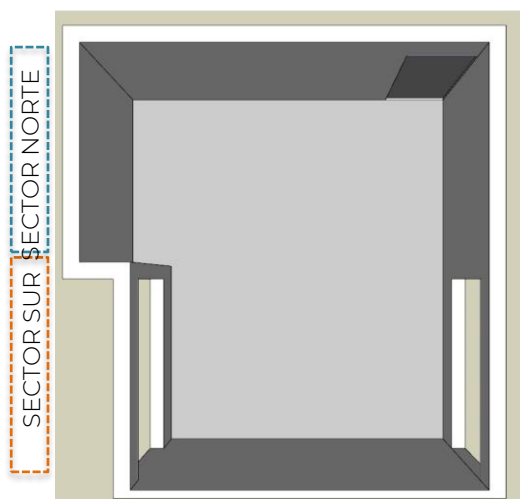


Figura 63. Axonometría aulas grandes. Fuente: Elaboración propia

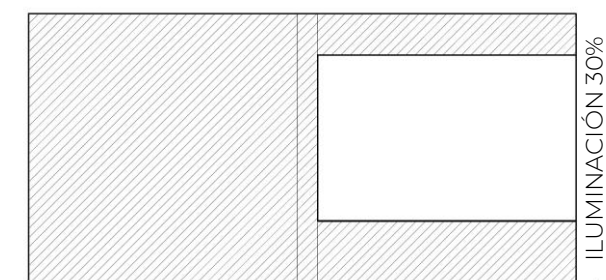


Figura 64. Muro Oeste Aulas.



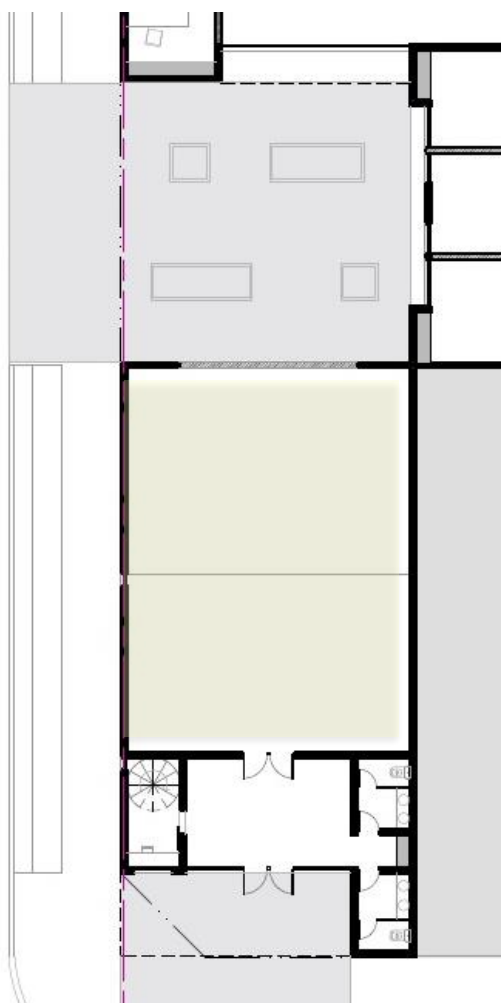
Figura 65. Muro Este Aulas grandes.  
Fuente: Elaboración propia

En términos de iluminación natural, estas características, van a generar un comportamiento asimétrico a lo largo del día. En horas de la mañana y de la tarde va a recibir incidencia de luz directa y difusa provenientes de ambas ventanas, según la trayectoria solar.

Esto implica grandes molestias visuales, contrastes y falta de uniformidad en el aula.

A partir de este análisis se evidencia la necesidad de realizar modificaciones en las aberturas y/o incorporar sistemas de IN que permitan mejorar la uniformidad de la iluminación en el espacio, y, por otro lado, evitar el ingreso de rayos directos, sin que se disminuyan los niveles de IN.

### 3.1.2 BLOQUE AUDITORIO



Este espacio resulta de gran interés ya que se pueden plantear distintos escenarios lumínicos según la actividad que se desarrolle, apuntando a realizar propuestas estéticas variadas. Funcionalmente está conformado por el sector para los espectadores y el escenario (Figura 66).

En dos de sus muros se vincula con el exterior (visuales). Puntualmente, hacia el Norte, se conecta hacia un espacio más íntimo, con el atrio de acceso de la escuela, y hacia el Oeste colinda con el espacio público.

Si bien el atrio presenta construcciones de cierres perimetrales, las dimensiones de este son significativas (10mx10m).

Figura 66. Plano referencia Auditorio.  
Fuente: Elaboración propia

Actualmente, este espacio cuenta con una única abertura orientada a Oeste, de tipología vertical, de 0,40m x 5m de altura, que representa solo el 3% de la superficie del muro (Figuras 67 y 68)

Al Norte se encuentra planteada una abertura de gran tamaño que funciona como boca de escenario en caso de utilizar el patio como parte del auditorio; pero esta abertura no actúa, en la mayoría de los casos, como fuente de ingreso de IN, ya que se encuentra cubierto con un portón opaco, que funciona como fondo de escenario.

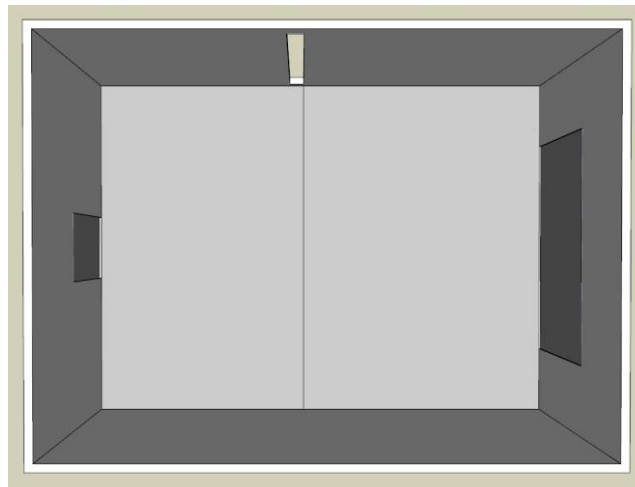


Figura 67. Axonometría Sala y Escenario Auditorio  
Fuente: Elaboración propia

Como resultante de esto, con la única abertura al Oeste, el espacio tiene un porcentaje de IN del 1% tomando en cuenta la superficie de la abertura respecto de la superficie total de dicho espacio.

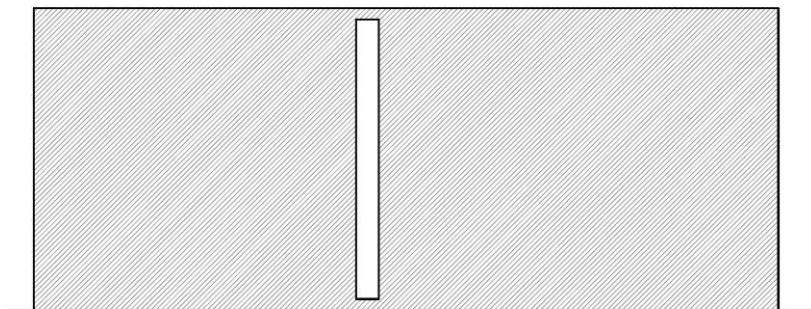


Figura 68. Muro Oeste Auditorio. Fuente: Elaboración propia

Dadas las dimensiones del salón, los niveles de iluminación resultan escasos. La ubicación y orientación de la única abertura implicará el ingreso de rayos directos en horas de la tarde, generando sectores de deslumbramiento en el área del público.

La situación actual de iluminación del auditorio no brinda características especiales o escenográficas que podrían resultar de interés en un ámbito destinado principalmente a representaciones escénicas.

Resulta fundamental aumentar los niveles de iluminación, poniendo énfasis en el área del escenario, evitando deslumbramiento, tanto para el público como para músicos/actores.

El desarrollo de los sistemas de IN de este sector estará orientado a dos objetivos; por un lado y principalmente, dotar de carácter escenográfico al espacio, resaltando el sector del escenario sin el ingreso de rayos directos. Por otro lado, mejorar los niveles de iluminación sobre esta área, generando un plano de iluminación homogénea en los puestos de los músicos ya que el auditorio funciona también como espacio de ensayo durante horas diurnas.

La realización de este diagnóstico permitió comprender la situación real del edificio en lo referente a iluminación y tener un panorama general y particular de cada uno de los espacios de interés del edificio para poder establecer los objetivos y estrategias a desarrollar y así mejorar dichas condiciones.



#### 4. ESTRATEGIAS APLICADAS Y RESULTADOS DE ILUMINACIÓN NATURAL OBTENIDOS

A continuación, y a partir del diagnóstico realizado, se plantean los requerimientos de cada uno de los espacios. En función a esto se diseñan las estrategias que se llevarán a cabo para el mejor aprovechamiento de la iluminación natural. Finalmente, se realizan las validaciones necesarias para evaluar el funcionamiento de los sistemas planteados.

## 4.1. BLOQUE DE AULAS MEDIANAS Y GRANDES

### 4.1.1 ESTRATEGIAS

Los **requerimientos** preestablecidos de acuerdo con el análisis de usos y características de este tipo de espacios son:

- Obtener uniformidad de iluminación en toda el área.
- Controlar la incidencia directa de rayos solares sobre superficie de trabajo para evitar reflejos y deslumbramiento (Sistema de control).
- Alcanzar un mínimo de 300 lux, de acuerdo con la reglamentación vigente referida a aulas.
- Posibilitar el cierre de las aberturas laterales para mejorar la acústica del espacio, como puede ser el uso de cortinas manuales, sin perder la accesibilidad a la IN.

Para lograr estas premisas se optó por la ejecución de las siguientes acciones de acuerdo con cada una de las **estrategias**:

#### a. MODIFICACIÓN DE LA DIMENSION DE LAS ABERTURAS

Se ajusta la medida de las ventanas, disminuyendo su altura, y aumentando su longitud (Figura 69), para evitar situaciones de contraste, y mejorar la uniformidad de la IN en todo el espacio.

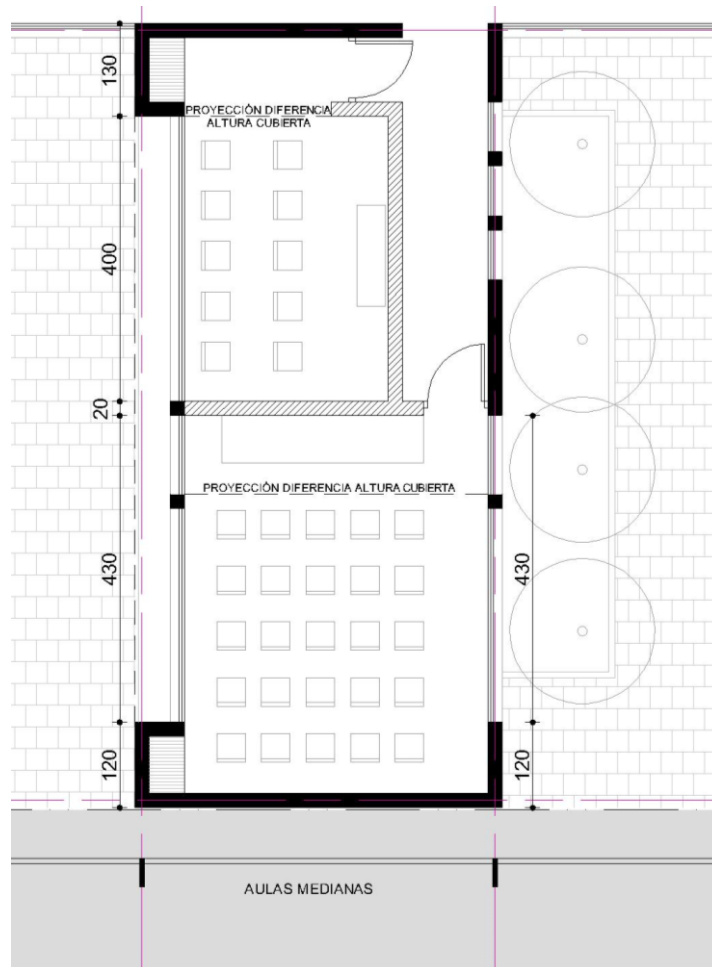


Figura 69. Plano aulas mediana y grande modificado  
Fuente: Elaboración propia

#### b. DISEÑO DE PARASOLES MÓVILES

Esta nueva configuración con mayor amplitud de las ventanas permitió la disposición de una serie de parasoles verticales, especialmente proyectados como sistema de control.

Los mismos se concretan como una serie de elementos con un ancho de 25cm cada uno, y con un acabado superficial color claro, para promover mayor reflexión de la radiación hacia el exterior. El espacio cuenta con dos aberturas, Este y Oeste, se propone este SIN en ambas. El mismo es de uso manual por los usuarios de la sala. Según los momentos del día en los que se requiera bloquear la componente directa, se hará uso de ellos para evitar situaciones de

contrastes y para que se pueda lograr tener control de las condiciones

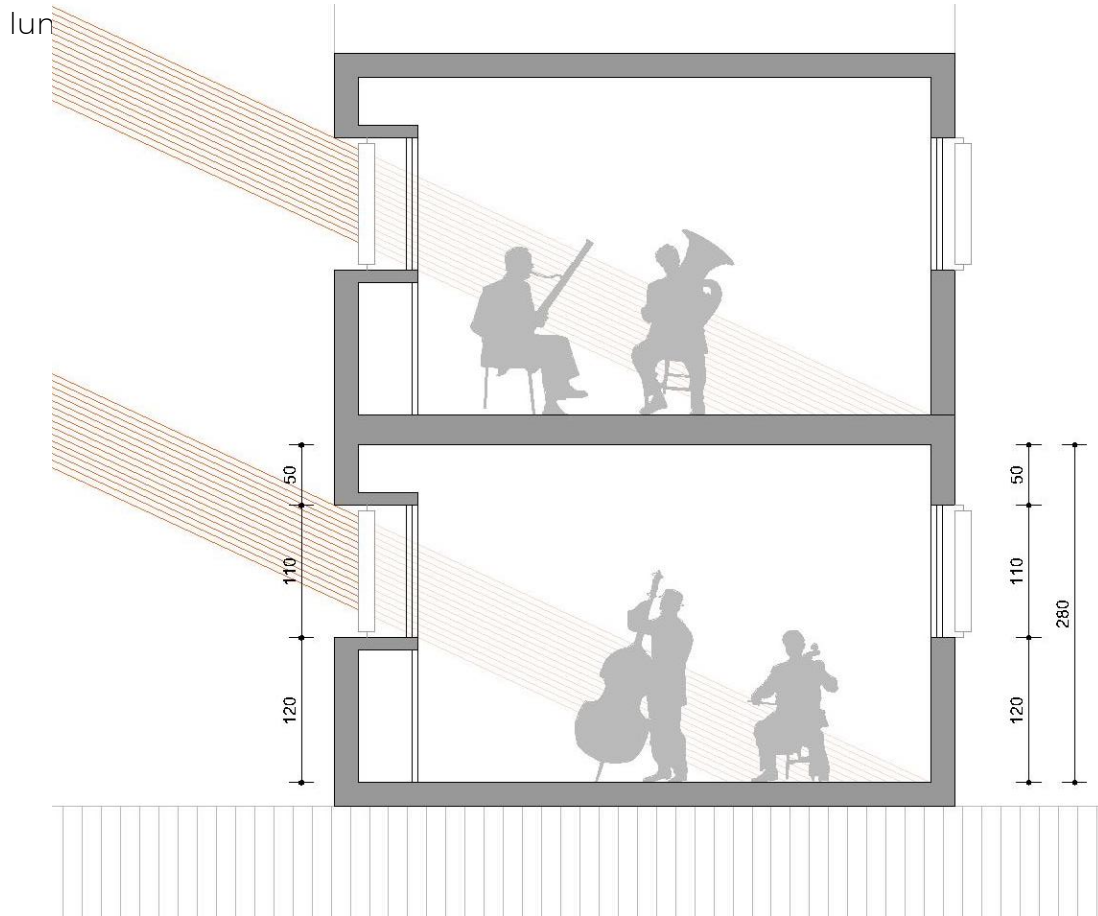


Figura 70. Corte transversal bloque de aulas. Fuente: Elaboración propia

Para el caso puntual de las lamas – parasoles, se ha planteado el diseño de un elemento con cierta complejidad que atiende a principios de sustentabilidad. Para ello, se apunta a un dispositivo que funciona como sistema de construcción in situ con materiales locales, de fácil acceso permitiendo que la ejecución de los mismos sea factible, y con el objetivo de reducir sus costos, simplificando su instalación.

El módulo se ejecuta a partir de dos guías de caño estructural de 40x20; un caño del mismo material y dimensiones actúa como manija de gran tamaño. Las lamas se construyen a partir de un bastidor de chapa plegada y tejuela de barro cocido (tipo ladrillo). Ver figuras de 71 a 73

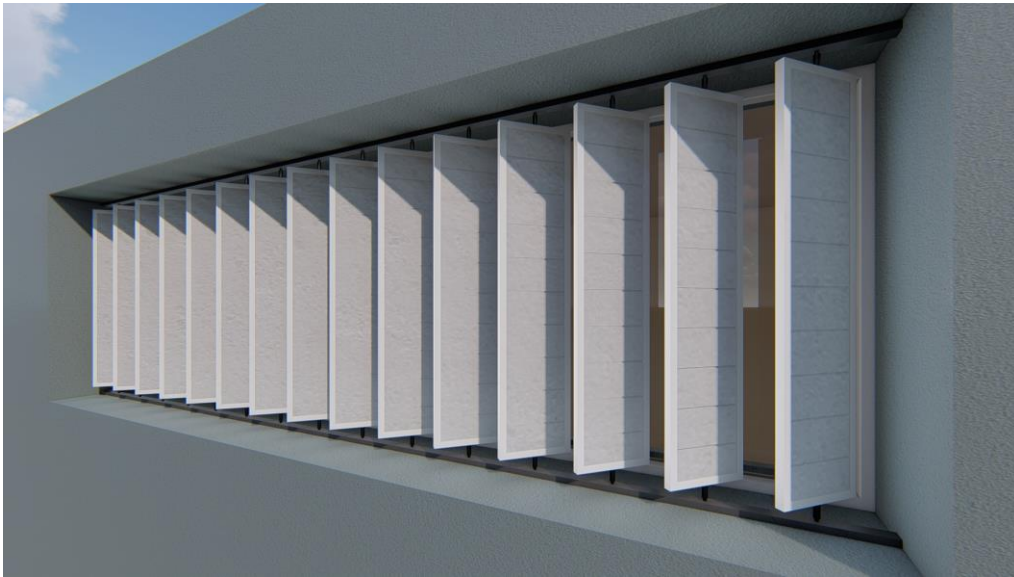


Figura 71. Fotorealismo de parasoles. Fuente: Elaboración propia

La utilización de tejuela tipo ladrillo como material principal del artefacto, permite, por un lado, reducir ampliamente los costos respecto de parasoles comerciales, y por otro, aumentar la inercia térmica del sistema para que funcione, no solo como regulador lumínico sino como aislante térmico cuando el mismo se encuentra cerrado. Esto da pie a realizar futuros estudios de evaluación térmica sobre el comportamiento interior de los espacios.

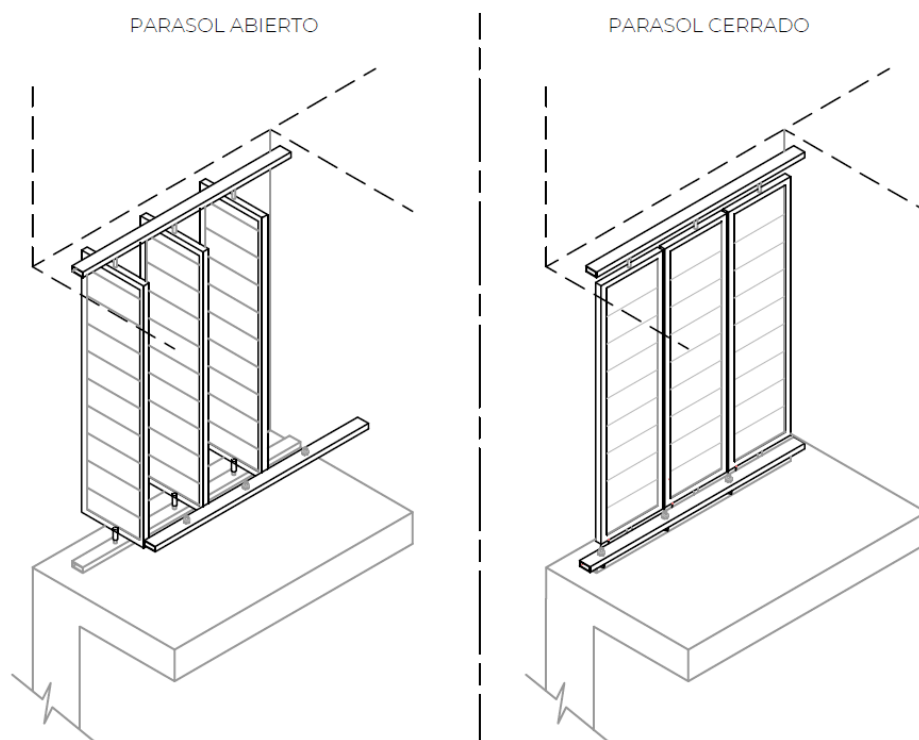
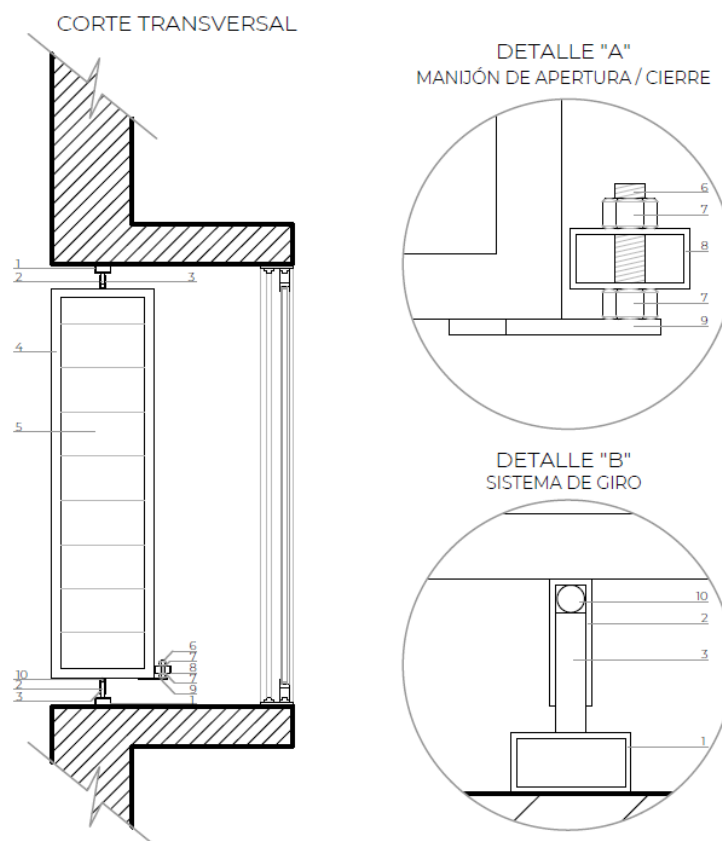


Figura 72. Esquema de funcionamiento parasol. Fuente: Elaboración propia

Cabe destacar que, en referencia a las características acústicas resulta bastante compleja la incorporación de elementos de este tipo (externos a la construcción, con partes metálicas) ya que se pueden producir vibraciones que impliquen incorporación de ruidos no deseados. Por esto, la utilización de materiales pesados que dificulten las vibraciones por ondas sonoras y la adecuada ejecución de los sistemas, resulta de gran utilidad.

Además, durante los periodos cuando la carpintería de la ventana se encuentra abierta, la utilización de estos parasoles (con sus características de materialidad) mejoran las condiciones acústicas beneficiando en función de la disminución de la reflexión de las ondas sonoras y a la difusión de las mismas mejorando la reverberación.



#### REFERENCIAS

- |  |  |
|--|--|
| 1. Caño estructural 40x20x2mm.   | 7. Tuerca Rosca M8 hexagonal                   |
| 2. Hierro liso $\phi 14$ - Soldado a bastidor                              | 8. Manijón - Caño estructural 20x40x2mm.       |
| 3. Caño $\phi 16 - 5/8"$ - Soldado a caño estructural inferior y superior. | 9. Planchuela 1" x 3/16" (soldada al bastidor) |
| 4. Bastidor metálico - chapa #16 plegada.                                  | 10. Bolilla de acero 9mm                       |
| 5. Piezas tipo tejuela de barro cocido. 1cm x 22cm x 2cm                   |  |
| 6. Varilla roscada $\phi 10$ soldada a planchuela inferior                 |  |

Figura 73. Despiece de parasol. Fuente: Elaboración propia

c. CONSTRUCCIÓN DE UNA ABERTURA SUPERIOR-LATERAL, con difusores.

Dadas las características morfológicas del aula, en cuanto a su relación largo – ancho, se plantea la ilusión de iluminación cenital. Se trata de una tipología tragaluz, con orientación Norte en base a una diferencia de altura de cubierta (quiebre de techo). Como se observa en la Figura 74, se diseña una abertura superior de 0.80m de altura sobre la totalidad del largo del aula intervenida (Figura 69). Teniendo en cuenta los ángulos de altitud solar se diseñó el alero para evitar la entrada de rayos de verano. El tragaluz busca posibilitar y complementar los niveles de iluminación cuando sea necesario el cierre de cortinas en las ventanas laterales.

Se propone la Incorporación de **DIFUSORES** en la parte inferior de dicha abertura para evitar la incidencia directa de rayos solares (Figura 74) y lograr una mayor difusión de la luz según los materiales utilizados. Se realizaron pruebas con distintos materiales, opacos y translúcidos, aplicando uno en cada aula, para poder evaluar el mejor resultado y optar por el más eficiente.

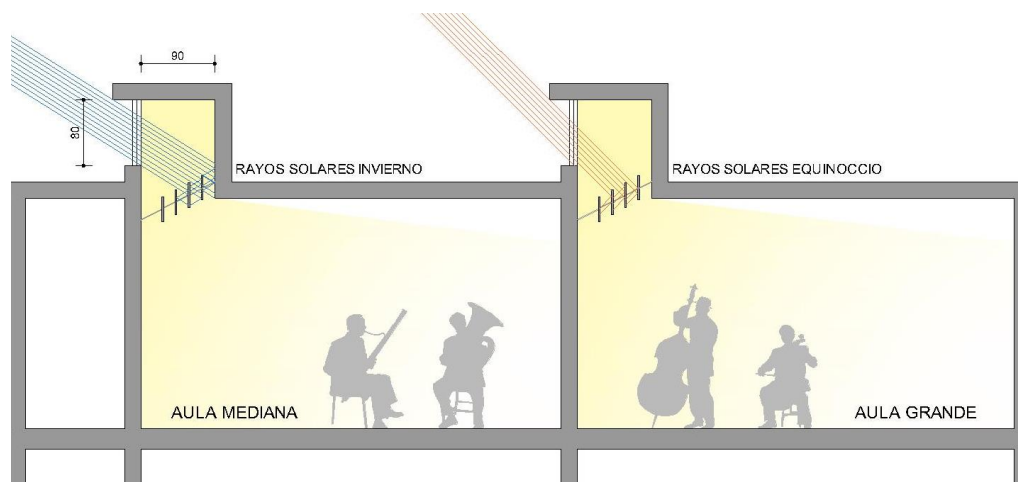
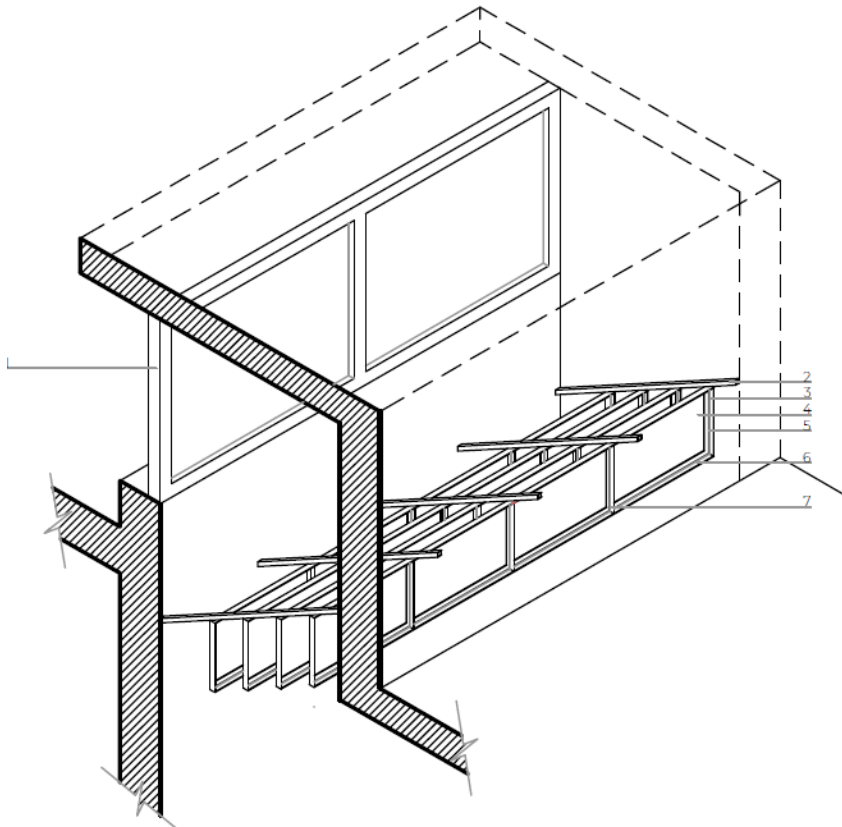


Figura 74. Corte longitudinal bloque de aulas. Fuente: Elaboración propia

A partir de las mediciones se determina la realización de los difusores con perfiles metálicos de 7/8" x 1/8" con una placa de polipropileno translúcido esmerilado de 3mm sellado con silicona para evitar las vibraciones que producen los instrumentos musicales al ser ejecutados. Ver Figuras 75 y 76



Figura 75. Fotorealismo difusores. Fuente: Elaboración propia



#### REFERENCIAS

1. Ventana orientación norte.
2. Caño estructural 20x20x1.6mm - anclajes a muros.
3. Angulo metálico L 7/8" x 1/8" - laterales externos de bastidor.
4. Placa de polipropileno traslucido esmerilado 3mm
5. Sellador de silicona
6. Angulo metálico L 7/8" x 1/8" - parante inferior y superior de bastidor.
7. Angulo metálico T 7/8" x 1/8" - parantes intermedios de bastidor

Figura 76. Despiece difusores. Fuente: Elaboración propia



#### 4.1.2 VALIDACIÓN DE LA PROPUESTA LUMÍNICA. MEDICIONES EN MODELO ESCALA

Se establecieron dos escenarios de evaluación a partir de la variedad de propuestas de iluminación que ofrecen los sistemas incorporados:

ESCENARIO 1: Aberturas laterales con parasoles móviles: Permite el estudio de la cantidad de iluminación en caso de que no sea factible a nivel económico la realización del tragaluz. Por otro lado, posibilita la evaluación de las aulas ubicadas en el primer nivel.

ESCENARIO 2: Parasoles cerrados con tragaluz: Se estudia únicamente el aporte del tragaluz, con los difusores. Permite evaluar la posibilidad de cerrar los parasoles completamente o colocar cortinas en caso de ser requerido por condicionantes acústicos.

En el **AULA MEDIANA** se definieron dos puntos de medición cuya ubicación permite analizar el impacto del sistema planteado en relación con la profundidad del local. (Figuras 77, 78 y 79).

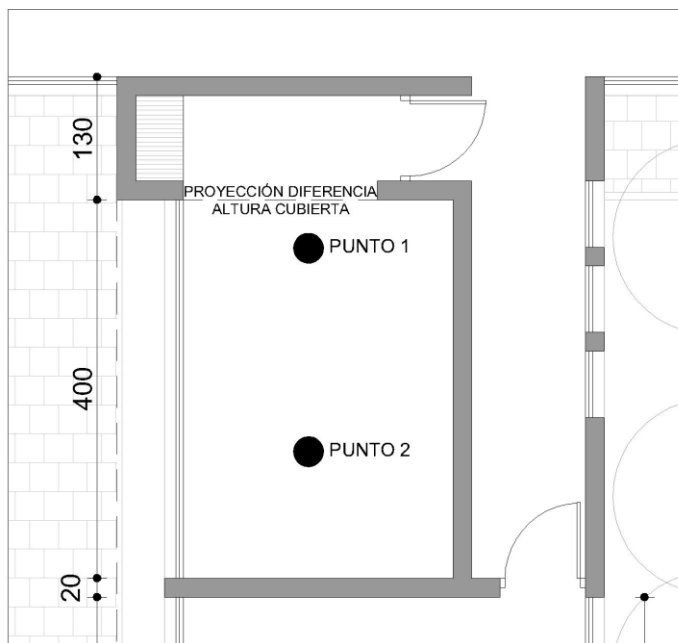


Figura 77. Plano ubicación de puntos de medición.  
Fuente: Elaboración propia



Figura 78. Punto 1. Fuente: Elab propia



Figura 79. Punto 2. Fuente: Elab propia

La sesión de mediciones se realizó en un día con condiciones de cielo claro con presencia de sol, a las 12.20hs, horario cercano al mediodía solar. Se tomaron registros de referencia de iluminación Global horizontal de 50.000 lux y Global difusa de 4.400 lux.

### Escenario 1 | Aberturas laterales con parasoles

Como puede observarse en la Tabla 4, los valores de iluminancia correspondientes al escenario 1 son, en los dos puntos y en todos los momentos del día, suficientes para el desarrollo adecuado de las actividades planteadas en el espacio. Todos los registros superan los 300 lux requeridos por la normativa. Esto se logra a partir de la modificación de las dimensiones de la abertura y de la incorporación de los parasoles móviles, lo que genera, además, situaciones lumínicas homogéneas. (Figura 80)

HORA	10:00:00		12:00:00		16:00:00	
PUNTO	P1	P2	P1	P2	P1	P2
INVERNO	772 lux	554 lux	689 lux	593 lux	1.984 lux	1.595 lux
VERANO	450 lux	443 lux	451 lux	335 lux	2.578 lux	2.092 lux
OTOÑO	660 lux	503 lux	620 lux	480 lux	2.373 lux	2.303 lux

TABLA 4. Registro de iluminancia interior. Escenario 1, AM. Fuente: Elaboración propia



Figura 80. Fotografía modelo a escala | AM | Esc. 1 | Invierno – 16.00 hs  
Fuente: Elaboración propia

Se detecta una notoria diferencia entre los niveles de iluminancia a lo largo de un mismo día, especialmente durante el período de verano, cuando los valores oscilan entre 335 y 2.500lux entre la mañana y la tarde. Estos últimos resultan

considerablemente más elevados debido al aumento de la componente reflejada proveniente de las lamas.

Por otro lado, es importante contemplar que los parasoles, al ser móviles presentan la oportunidad de darles el movimiento que acompañe y se adapte al ángulo solar de incidencia; ya que, de otra forma, ingresaría luz directa, generando discomfort visual. Esta situación queda en evidencia en la Figura 81, donde puede verse el resultado de una incorrecta inclinación de los parasoles en horarios de tarde.



Figura 81. Fotografía modelo a escala | AM | Esc. 1 | Verano – 16.00 hs  
Fuente: Elaboración propia

En función a esto y para garantizar buenas condiciones de luz en el ambiente visual, se propone realizar una capacitación al personal, docente y no docente, del uso de estos dispositivos a lo largo del año para asegurar condiciones de confort.

## Escenario 2 | Parasoles cerrados + tragaluz

El objetivo de estudiar este escenario es generar distintas alternativas de acondicionamiento de este espacio. Por ejemplo, se plantea la posibilidad de cerrar los parasoles o colocar cortinas para mejorar las condiciones acústicas. Para el presente caso de Aula Mediana, los difusores fueron proyectados con un material opaco, en color blanco brillante.



Figura 82. Fotografía modelo a escala | AM | Esc. 2 | Otoño – 12.00 hs  
Fuente: Elaboración propia

Los valores de la Tabla 5 determinan que, durante los meses correspondientes al ciclo lectivo, los rangos son aceptables para el desarrollo de la actividad de lecto-escritura. Los valores menores a 300 lux se registran durante el verano.

Por otro lado, la utilización únicamente del sistema de tragaluz disminuye la homogeneidad de iluminación del aula. Aparecen diferencias de casi el 50% entre cada uno de los puntos en algunos periodos estudiados (Ej. 1.044 lux en el punto 1 y 540 lux en el punto 2 para la condición de invierno al mediodía), resultando esto esperable dada la distancia a la fuente de luz y la profundidad del local.

HORA	10:00:00		12:00:00		16:00:00	
PUNTO	P1	P2	P1	P2	P1	P2
INVIERNO	920 lux	482 lux	1.044 lux	540 lux	673 lux	630 lux
VERANO	288 lux	152 lux	360 lux	184 lux	211 lux	103 lux
OTOÑO	650 lux	341 lux	780 lux	408 lux	484 lux	240 lux

Tabla 5. Registro de iluminancia interior. Escenario 2, aula med. Fuente: Elab propia

La incorporación de este sistema permite el acceso a IN manteniendo parasoles o cortinas cerradas, pero de acuerdo con lo analizado, en algunos momentos del año va a requerir la complementación de iluminación artificial para alcanzar valores mínimos requeridos. Aunque es sumamente positivo para la calidad lumínica y visual del ambiente.

Como última alternativa de análisis, también se realizaron mediciones de los sistemas combinados, con tragaluz y aberturas con los parasoles abiertos. Como era de esperar, los valores obtenidos fueron superiores a los dos casos anteriormente evaluados, los cuales oscilan entre los 530 y los 2.800 lux. Lo que comprueba una muy buena disponibilidad de IN (Figura 83), aunque se presentan ciertas disparidades de valores durante el día, pero dentro de los parámetros adecuados.



Figura 83. Fotografía modelo a escala | AM | Esc. 3 | Inverno – 12.00 hs. Fuente: Elaboración propia

A modo de reflexión, la incorporación de diferentes sistemas de control y captación permite que el usuario pueda generar ambientes lumínicos en función a la necesidad visual de las tareas que realice, favoreciendo una multiplicidad de espacios luminosos agradables y en confort.

En el caso del **AULA GRANDE** se establecieron los mismos escenarios mencionados. Se implementó igual disposición de evaluación determinando 2 puntos de medición (Figuras 84, 85 y 86).



Figura 84. Plano ubicación de puntos de medición.  
Fuente: Elaboración propia



Figura 85. Punto 1. Fuente: Elab propia



Figura 86. Punto 2. Fuente: Elab propia

Las mediciones se tomaron a las 12.50hs, bajo las mismas características de cielo y se contaba con iluminancia Global Horizontal de  $E_h$  51.800 lx y una Iluminancia Global Difusa de 3.980 lx.

### Escenario 1 | Situación base, aberturas laterales con parasoles

En este escenario se alcanzaron valores suficientes en todas las condiciones analizadas (Tabla 6), teniendo en cuenta las nuevas posibilidades de penetración de luz generada por la condición de luz bilateral en función de las aberturas. Y esto a partir de la modificación de tamaño y proporción de las mismas, además de la incorporación de los parasoles.

HORA	10:00:00		12:00:00		16:00:00	
PUNTO	P1	P2	P1	P2	P1	P2
INVIERNO	851 lux	1.156 lux	435 lux	734 lux	1.154 lux	1.618 lux
VERANO	958 lux	1.156 lux	412 lux	619 lux	1.539 lux	1.952 lux
OTOÑO	798 lux	1.041 lux	392 lux	633 lux	1.350 lux	1.677 lux

Tabla 6. Registro de iluminancia interior. Escenario 1, aula grande.  
Fuente: Elaboración propia

En la Figura 87, se observa con claridad la iluminación uniforme en toda la superficie del aula; a diferencia de la Figura 88 donde se ve la incidencia de radiación directa; esto corrobora la importancia y necesidad de una buena administración de los dispositivos por parte de los usuarios para asegurar, tanto confort visual, como térmico.



Figura 87. Fotografía modelo a escala | AG | Esc. 1 | Otoño – 12.00 hs  
Fuente: Elaboración propia



Figura 88. Fotografía modelo a escala | AG | Esc. 1 | Verano – 16.00 hs  
Fuente: Elaboración propia

## Escenario 2 | Aberturas laterales con parasoles cerrados + Tragaluz.

En este caso de estudio, los difusores se dispusieron con un material traslucido, tipo tela.

Los niveles de iluminancia resultan considerablemente elevados a lo largo del año, sin necesidad de complementar con iluminación artificial (Table 7). Si bien existen diferencias sustanciales entre los valores de los dos puntos de medición (Ej. 370 lux en el punto 1 y 1.169lux en el punto 2, en la mañana del verano), los rangos se encuentran dentro de la normativa y no se observan puntos de deslumbramiento (Figura 89)

HORA	10:00:00		12:00:00		16:00:00	
PUNTO	P1	P2	P1	P2	P1	P2
INVIERNO	1.450 lux	3.135 lux	2.403 lux	3.623 lux	908 lux	2.365 lux
VERANO	370 lux	1.169 lux	454 lux	1.480 lux	311 lux	945 lux
OTOÑO	778 lux	2.310 lux	998 lux	2.884 lux	628 lux	1.711 lux

Tabla 7. Registro de iluminancia interior. Escenario 2, aula grande.  
Fuente: Elaboración propia



Figura 89. Fotografía modelo a escala | AG | Esc. 2 | Verano – 12.00 hs  
Fuente: Elaboración propia



En la Figura 89 se puede observar el comportamiento del difusor traslúcido y el efecto que el mismo genera, permitiendo mayor ingreso de iluminación en comparación al difusor opaco, pero generando pequeñas zonas de brillos y contrastes localizados.

Si se comparan los rangos obtenidos según la materialidad de los difusores, **se puede afirmar que el difusor traslúcido presenta una mejor performance** arrojando mejoras del 100% (en promedio)

Finalmente, se realiza con mediciones sumando ambos sistemas, el tragaluz y las aberturas con parasoles abiertos. Los valores obtenidos superan ampliamente los requerimientos mínimos para el desarrollo de las actividades que allí se plantean (Desde 900lux a 4.100lux). Además, se logra una mejora en la calidad y homogeneidad lumínica del espacio (Figura 90)



Figura 90. Fotografía modelo a escala | AG | Esc. 3 | Verano – 12.00 hs  
Fuente: Elaboración propia

De acuerdo con los análisis realizados se confirma que los SIN propuestos resultan altamente favorables permitiendo aumentar las posibilidades de uso de las aulas manteniendo la accesibilidad a la IN brindando, de esta manera, una importante optimización para la calidad espacial y una correcta adecuación a los distintos usos posibles.

## 4.2. BLOQUE AUDITORIO

### 4.2.1 ESTRATEGIAS

Los **requerimientos** preestablecidos de acuerdo con el análisis de usos y características de este espacio son:

- Aumentar los niveles de iluminación natural sobre el área del escenario.
- Mejorar la calidad espacial a través de la incorporación de iluminación con características escenográficas a partir del diseño del sistema de iluminación natural.
- Generar diferencias en los niveles de iluminación entre el sector del escenario y el área del público.
- Buscar flexibilidad en cuanto a niveles y características de la iluminación para adaptarlo a los requerimientos temporales del ambiente.

Sobre esta base, se optó por el desarrollo de las **siguientes estrategias**:

#### a. EJECUCIÓN DE UN SISTEMA ANIDÓLICO

Se trata de un sistema innovativo de iluminación natural, utilizado donde no es requisito la vista al exterior (sin imagen), sino que la necesidad radica en introducir en un local niveles elevados de iluminación a través de una abertura de pequeñas dimensiones (Courret, Paule, & al., 1996).

Su objetivo principal es proveer la mayor cantidad posible de iluminación interior y concentrar y redirigir los rayos solares intencionalmente, para las distintas posiciones de luz solar directa, sin partes móviles. (Pattini, y otros, 2009)

Estos dispositivos se componen principalmente de un concentrador parabólico (cpc), que consiste en un par de reflectores especulares simétricos parabólicos, enfrentados entre ellos de modo que todos los rayos que penetran en el cpc son transmitidos luego, al interior por al menos una reflexión. (Courret, Paule, & al., 1996). En el caso de este trabajo se optó por el desarrollo simplificado de la parábola (curva) a partir del trazado de rayos como se desarrolla posteriormente.

El sistema se completa por un elemento transmisor de la luz, a partir del principio de reflexión interna, que permite distribuir los rayos solares sin generar discomfort.

Para su diseño, inicialmente se estudió el tamaño de la abertura posible en el muro Norte (orientación ideal para la mayor captación de rayos solares). La misma resultó de 0,65m de altura por la longitud total del espacio – 9,60m (Ver figura 91).



Figura 91. Plano auditorio. Abertura para anidólico.  
Fuente: Elaboración propia

Posteriormente, se diseñó la parábola (curvatura) del elemento captador que constituye la parte principal del sistema anidólico. Para ello se contó con el asesoramiento del Dr. Ferron L. El mismo se realizó a partir del dimensionamiento y dibujo del trazado de rayos solares, según las trayectorias para la región. De esta manera fue posible llegar a una forma simplificada que posibilitara aumentar el rendimiento óptimo y facilitar su construcción. Como se observa en la Figura 91 y 92 se sitúa un único colector exterior, con una cubierta horizontal de policarbonato.

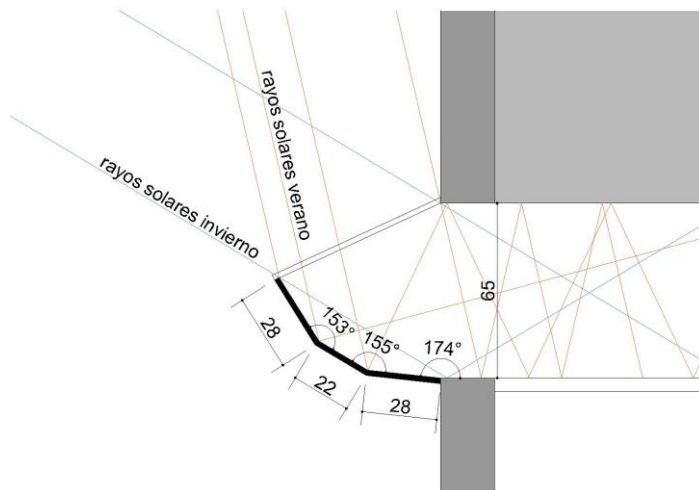


Figura 92. Detalle captador  
Fuente: Elaboración propia

Para completar el sistema, se proyectó un cielorraso suspendido cubierto con material altamente reflejante en su parte superior (del tipo aluminizado), lo que potencia la distribución de la luz a partir de las interreflexiones interiores. Dicho cielorraso cuenta con aberturas que permiten el adecuado ingreso de iluminación al sector del escenario.

La Figura 93 demuestra el funcionamiento del sistema con el ingreso de rayos solares en diferentes épocas del año.

Este sistema puede ser “anulado” con el uso de una persiana que cierra la abertura Norte, posibilitando que el auditorio quede completamente oscuro.

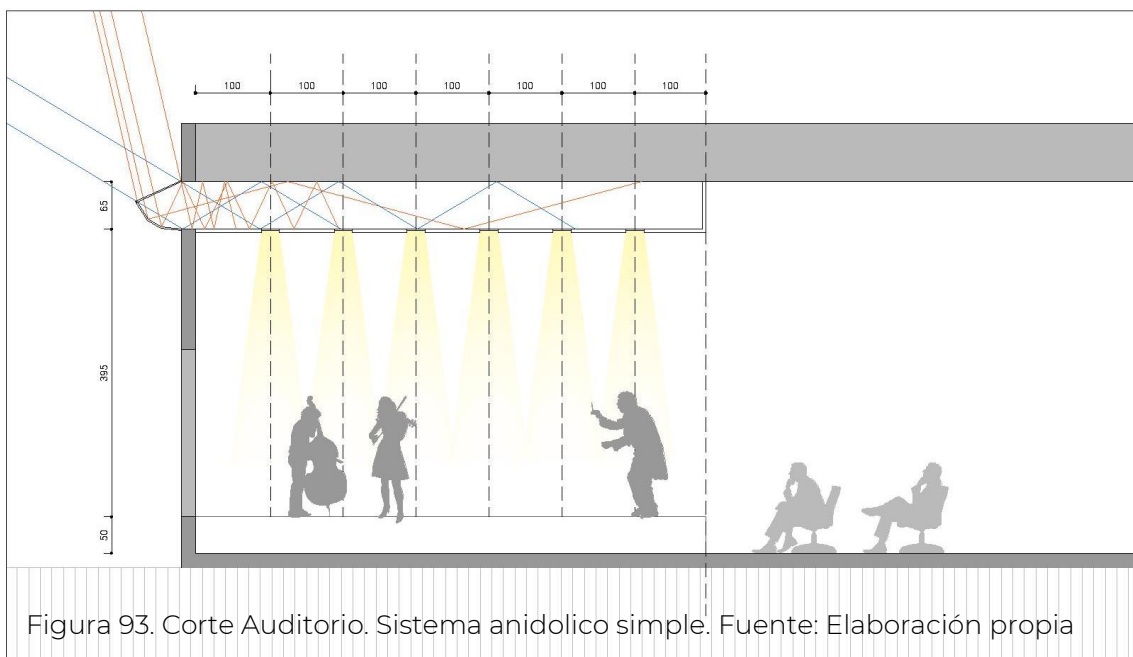


Figura 93. Corte Auditorio. Sistema anidolico simple. Fuente: Elaboración propia

### b. DISEÑO TRAGALUZ

Dada la extensión de la plataforma destinada para escenario, se pensó en una opción alterativa para aumentar el ingreso de rayos, ya que los niveles de iluminación podrían no ser suficientes en algunos sectores del mismo. Se diseña y anexa un **segundo colector de radiación**. Se trata de un tragaluz con cubierta de chapa translúcida que permite el ingreso de rayos según estudios de geometría solar previamente elaborado. (Figura 94)

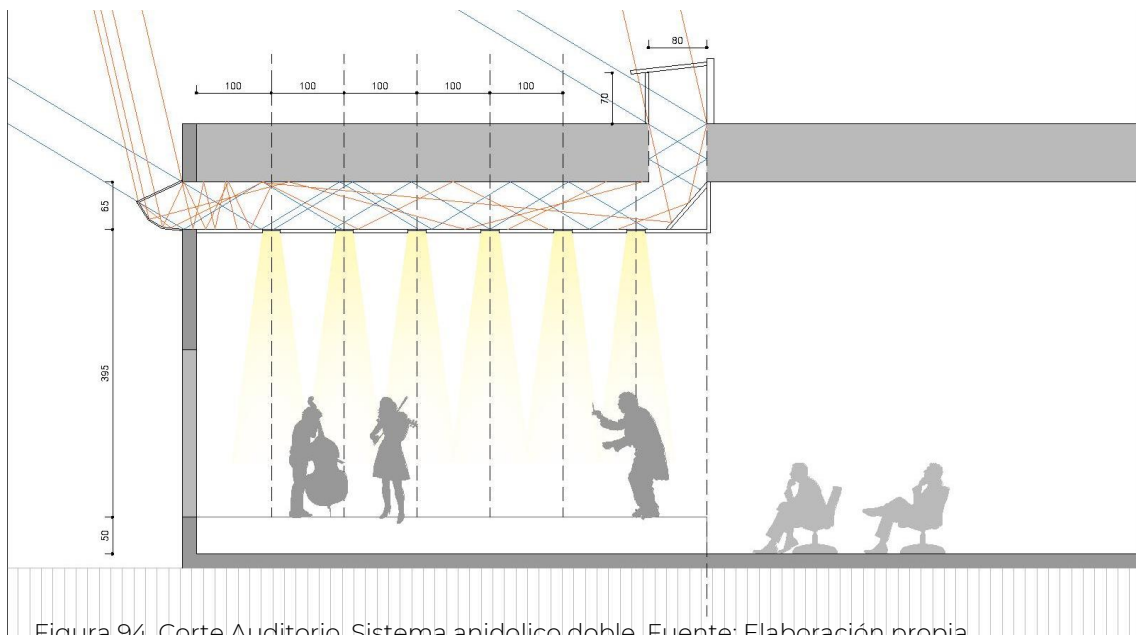


Figura 94. Corte Auditorio. Sistema anidolico doble. Fuente: Elaboración propia

El sistema colabora con la reducción de costos de iluminación artificial en un espacio donde no es posible la incorporación de grandes aberturas ya que se trata de un ámbito con distintos requerimientos lumínicos según sus usos y donde es imprescindible evitar el ingreso de rayos directos.



Figura 95. Corte Auditorio. Sistema anidolico simple. Fuente: Elaboración propia

La construcción del sistema se ha propuesto con materiales de fácil acceso y bajos costos para posibilitar su ejecución.

En la Figura 96 se pueden observar los componentes generales del sistema.

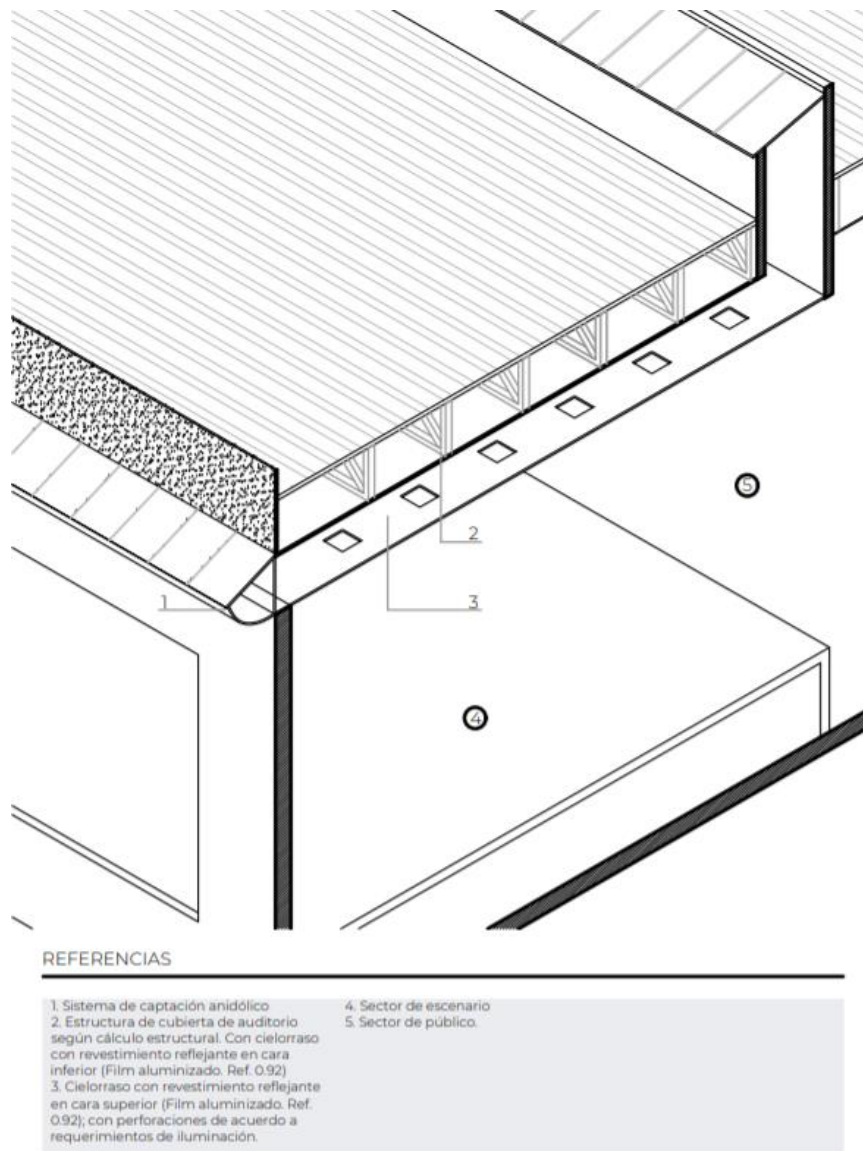


Figura 96. Axonométrica sistema anidólico. Fuente: Elaboración propia

El captador anidólico se ejecuta a partir de una serie de costillas (Ver detalle en Figura 97) realizadas con planchuelas metálicas de  $\frac{3}{4}$ "x  $\frac{1}{8}$ "; en la parte curva se cubre con chapa N°18 con revestimiento reflejante en su cara interior; para generar el cierre hacia el exterior se utilizan placas de polipropileno de 3 mm; y en las aristas se instalan ángulos metálicos para evitar filtraciones.

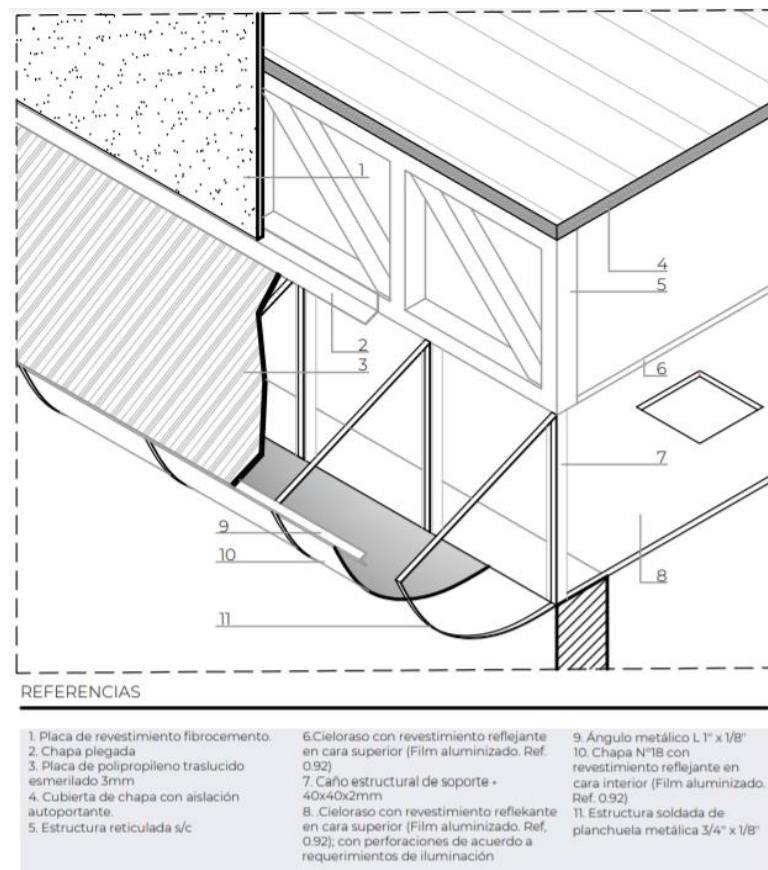


Figura 97. Despiece captador anidólico. Fuente: Elaboración propia

La incorporación de este SIN no afecta ni modifica las condiciones acústicas del salón, ya que funciona en forma externa a los límites físicos del mismo.

Los métodos de adecuación acústica deberán tenerse en cuenta y ejecutarse en relación con las características formales y de materialidad de los límites del recinto.

En cuanto a las características del espacio a iluminar se establecen las siguientes premisas:

#### c. PROPUESTAS DE CALADO Y APERTURA DE CIERLORRASO

Dadas las actividades en el sector y la gran superficie a cubrir lumínicamente, se estudiaron diferentes propuestas de apertura en el cielorraso, presentando dos configuraciones en el siguiente trabajo.

Con esto se pretende ampliar las posibilidades de aplicación del sistema de acuerdo a los resultados de medición (Ver tipologías en Figura 98)

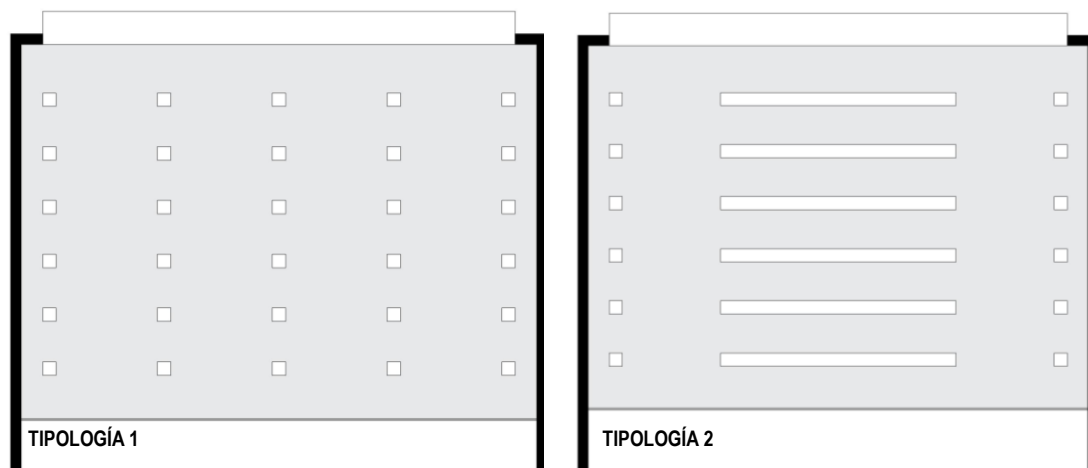


Figura 98. Esquemas de aberturas en cielorraso. Fuente: Elaboración propia

d. POSTIGÓN EN ABERTURA OESTE

Sobre la ventana Oeste existente en el proyecto, se agrega un elemento de control y cierre, puntualmente un postigón, por lo que el aporte lumínico del mismo puede ser bloqueado según los usos y actividades en el auditorio, como por ejemplo en presentaciones escénicas.

e. ACABADOS DE SUPERFICIES

Como terminaciones de las superficies, se utilizaron colores claros, pintura de muros y cielorraso en color blanco, logrando alto nivel de reflectancia interior.



#### 4.2.2 VALIDACIÓN DE LA PROPUESTA LUMÍNICA. MEDICIONES EN MODELO ESCALA

De acuerdo con la complejidad de uso y la necesidad de explorar diferentes propuestas de iluminación para un espacio tan particular destinado a auditorio, se establecieron **tres escenarios con alternativas lumínicas** para su evaluación. En todos los casos la abertura lateral se considera cerrada, ya que se busca evaluar los aportes y resultados del sistema anidólico propuesto y su influencia en las características lumínicas generales.

ESCENARIO 1: Anidólico más segunda fuente de luz (tragaluz), cielorraso 1: En este escenario se considera el anidólico con el captador Norte y con la incorporación del tragaluz (Figura 93) y el cielorraso calado de aberturas cuadrículadas (tipología 1 de la Figura 97).

ESCENARIO 2: Anidólico, cielorraso 2: Se estudia el sistema anidólico con su único captador en el muro norte (Figura 92) y el cielorraso calado de aberturas lineales (tipología 2 de la Figura 97).

ESCENARIO 3: Anidólico más tragaluz, cielorraso 2: Se mantiene el modelo de cielorraso (tipología 2 de la Figura 97), pero se utiliza el sistema anidólico sumando la segunda fuente de luz proveniente del tragaluz. (Figura 93)

La determinación de estos escenarios busca brindar diferentes opciones que puedan adaptarse a los requerimientos y posibilidades reales de la escuela al momento de su construcción, pudiendo generar datos concretos para la toma de decisiones de diseño y constructivas.

Como muestra la Figura 99 se determinaron dos puntos de medición, el primero en el área correspondiente al público (Figura 100), y segundo correspondiente a sector del escenario.

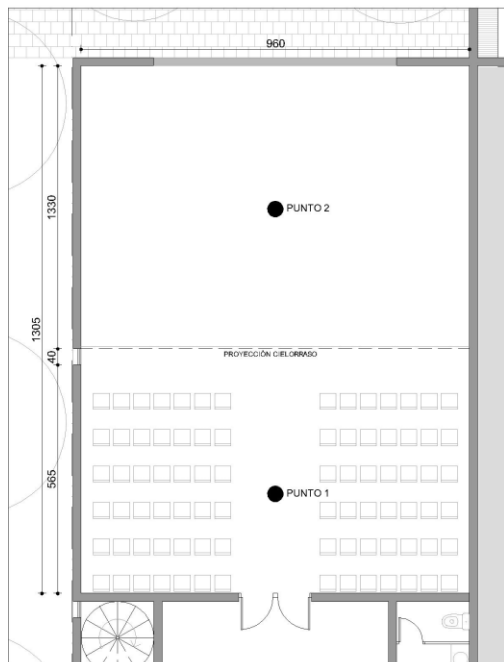


Figura 99. Plano ubicación de puntos de medición. Fuente: Elaboración propia



Figura 100. Punto 1. Fuente: Elaboración propia

El relevamiento lumínico se realizó cerca del mediodía solar, bajo cielo claro, a partir de las 14.00hs. Como registros globales, se obtuvo una iluminancia Global horizontal 51.920 lx e IG Difusa de 4.250 lux.

### Escenario 1 | Anidólico más tragaluz, esquema cielorraso 1.

De acuerdo con las mediciones (Tabla 8) los niveles de iluminancia en el sector del escenario, donde son requeridos 300lux como mínimo, no resultaron suficientes (los valores van de 50lux a 170lux).

HORA	10:00:00		12:00:00		16:00:00	
PUNTO	P1 (publico)	P2 (escena)	P1 (publico)	P2 (escena)	P1 (publico)	P2 (escena)
INVIERNO	12 lux	136 lux	18 lux	179 lux	12 lux	107 lux
VERANO	9 lux	64 lux	12 lux	92 lux	9 lux	50 lux
OTOÑO	13 lux	115 lux	18 lux	155 lux	11 lux	71 lux

Tabla 8. Registro de iluminancia interior. Escenario 2, auditorio.  
Fuente: Elaboración propia

Por otro lado, se observa una diferencia significativa en los niveles de iluminación entre los sectores de escenario y público (alrededor del 80% de contraste).

Esto, sumado al diseño general de la propuesta, demanda poder alcanzar el objetivo principal del planteo: obtener un ambiente luminoso que enfatice el escenario y aporte características escénicas particulares incorporando el recurso luz natural de forma inesperada para los usuarios. (Figura 101).

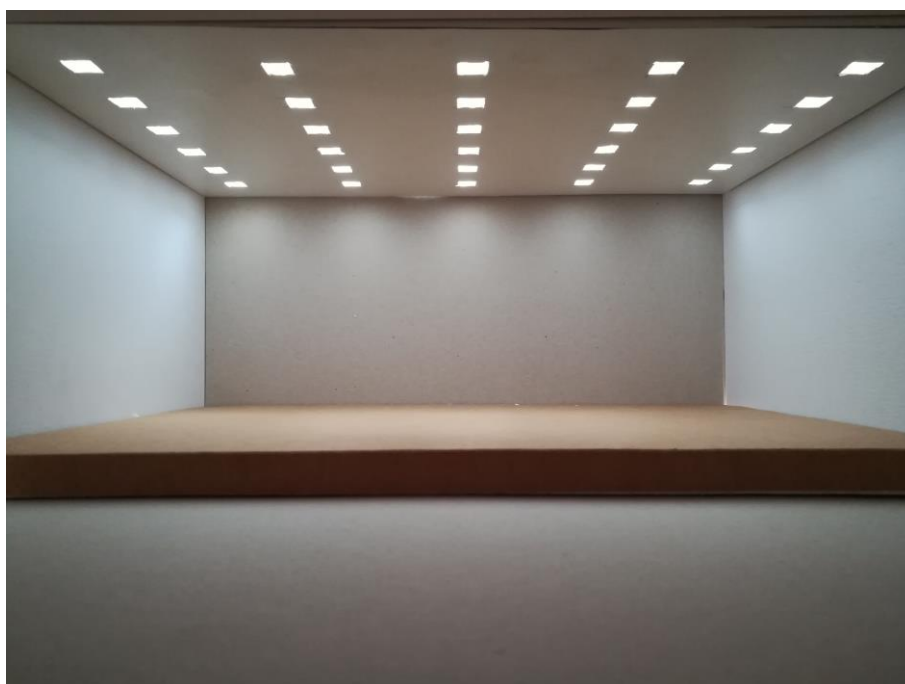


Figura 101. Fotografía modelo a escala | Esc. 1 | Verano – 16.00 hs. Fuente: Elaboración propia

## Escenario 2 | Anidólico con captador único, esquema cielorraso 2.

Evaluar el sistema anidólico con una única fuente de luz pretende analizar el rendimiento de los niveles lumínicos para evitar la necesidad de generar aberturas en la cubierta, ante los problemas constructivos y de costos que esto conlleva.

La incorporación del cielorraso de tipología 2 permite que los niveles de iluminación mejoren (se aumenta en un 8% el porcentaje de apertura); aunque los valores registrados siguen siendo insuficientes según las recomendaciones de la norma (se registraron de 45lux a 386lux en el escenario). Por otro lado, se mantiene el contraste entre el sector del público y el escenario. (Tabla 9)

HORA	10:00:00		12:00:00		16:00:00	
PUNTO	P1 (publico)	P2 (escena)	P1 (publico)	P2 (escena)	P1 (publico)	P2 (escena)
INVIERNO	48 lux	295 lux	68 lux	386 lux	23 lux	160 lux
VERANO	34 lux	210 lux	43 lux	325 lux	16 lux	45 lux
OTOÑO	48 lux	410 lux	66 lux	573 lux	22 lux	142 lux

Tabla 9. Registro de iluminancia interior. Escenario 3, auditorio.  
Fuente: Elaboración propia

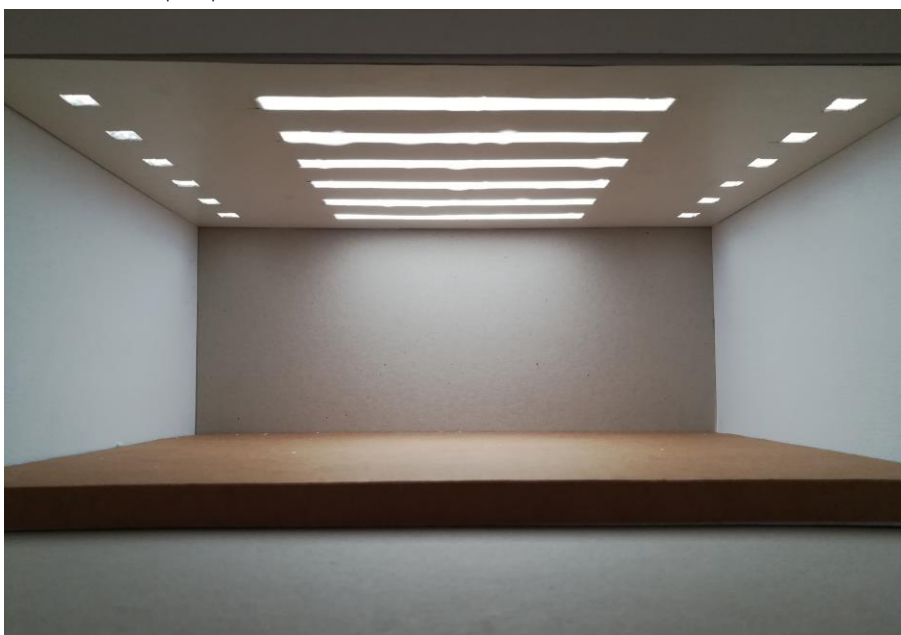


Figura 102. Fotografía modelo a escala | Esc. 2 | Verano – 12.00 hs. Fuente: Elaboración propia

Se ha logrado brindar al auditorio de una calidad y calidez lumínica acorde a lo planteado (Figura 102), y, a pesar de no alcanzar los niveles requeridos, el sistema puede ser integrado con iluminación artificial de acuerdo con las necesidades de cada situación de uso.

### ESCENARIO 3 | Anidólico más tragaluz, esquema cielorraso 2.

Por último, el cielorraso de tipología 2, con aberturas lineales y el sistema anidólico con doble apertura arroja resultados lo suficientemente altos para el desarrollo de actividades de lectura de partituras o uso de instrumentos con la reglamentación vigente (de 310lux a 1.290 lux en el sector del escenario). Por otro lado, se logra el enfoque de atención sobre el área del escenario gracias a la calidad luminosa y a la diferencia de los valores entre los dos sectores del auditorio - escenario - público (Contraste del 400%). Como se observa en la Tabla 10, sobre el Escenario se alcanzan niveles de iluminancia necesarios en todos los momentos del año (de 310lux a 1.290lux).

HORA	10:00:00		12:00:00		16:00:00	
PUNTO	P1 (publico)	P2 (escena)	P1 (publico)	P2 (escena)	P1 (publico)	P2 (escena)
INVIERNO	128 lux	600 lux	156 lux	840 lux	63 lux	310 lux
VERANO	252 lux	606 lux	295 lux	819 lux	155 lux	407 lux
OTOÑO	125 lux	901 lux	159 lux	1.290 lux	64 lux	320 lux

Tabla 10. Registro de iluminancia interior. Escenario 4, auditorio.  
Fuente: Elaboración propia

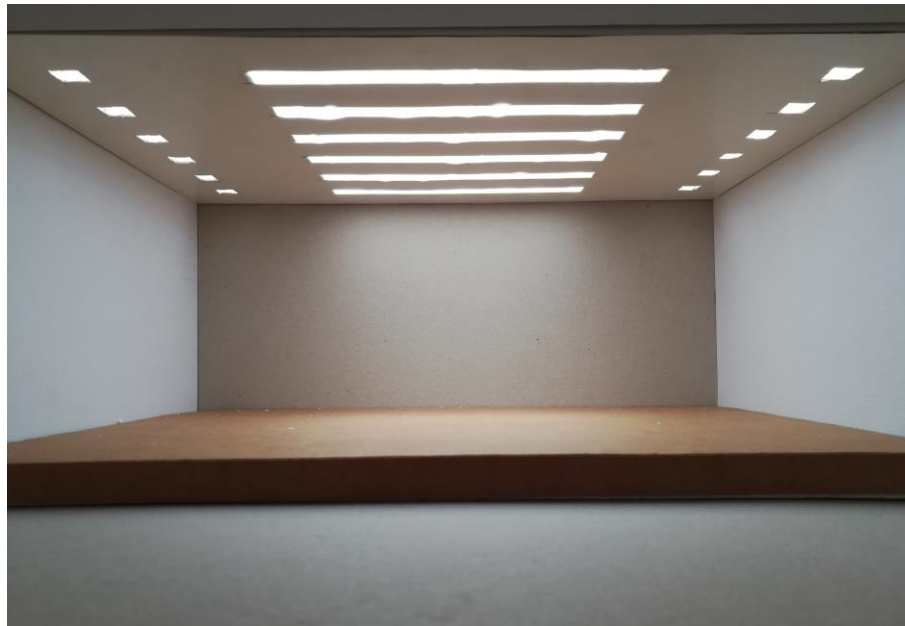


Figura 103. Fotografía modelo a escala | Esc. 3 |Otoño – 12.00 hs. Fuente: Elaboración propia

Se verifica, a partir de las mediciones y observaciones realizadas en este escenario, el adecuado funcionamiento del sistema anidólico propuesto, tanto en relación con la calidad, como con los niveles de IN (Figura 103).

En el Gráfico 1 se comparan los tres escenarios mencionados, donde es claro el aumento progresivo de los niveles de iluminación a partir de la modificación del calado o perforaciones de aperturas en el cielorraso, y de la utilización del SIN incorporando un segundo captador de iluminación. De igual manera, a medida que aumentan los niveles, aumenta la diferencia de iluminación entre los diferentes horarios y momentos del año.

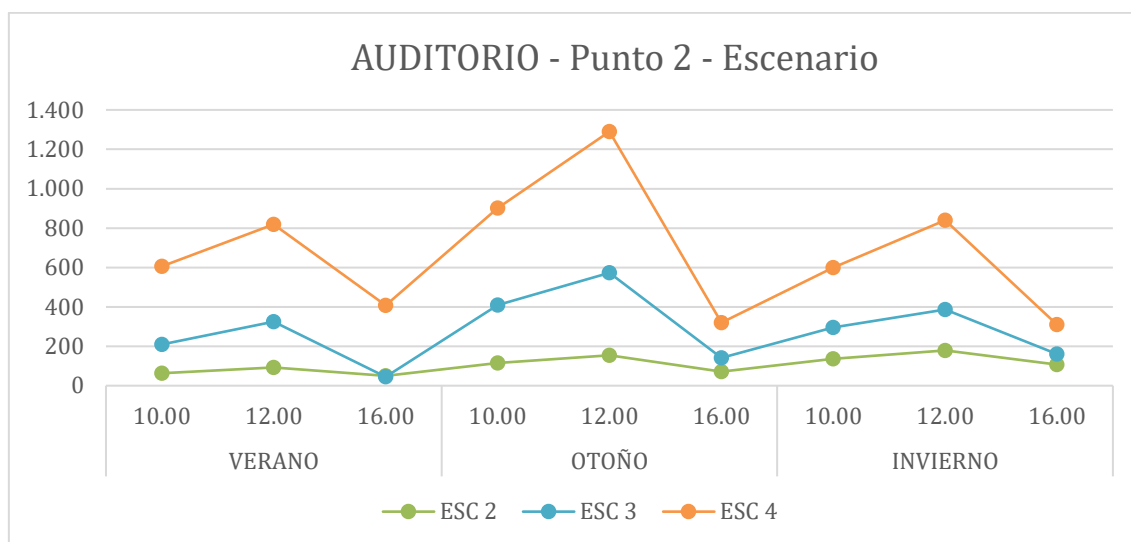


Gráfico 1. Fuente: Elaboración propia

A partir de los estudios desarrollados, se realizó una tabla síntesis de las superficies y porcentaje de calado y apertura. Por un lado, de cada uno de los sistemas anidólicos, y por otro de cada uno de los cielorrasos (Tabla 11), para determinar la relación entre estas y el nivel de iluminancia medido en el espacio.

	Anidolico		Anidolico + tragaluz	
	MIN	MAX	MIN	MAX
<b>CIELORRASO 1</b> Sup. abertura - 1.87 m <sup>2</sup> Porcentaje calado abertura - 2,80%	....	....	50 lux	179 lux
<b>CIELORRASO 2</b> Sup. abertura - 7.53 m <sup>2</sup> Porcentaje calado abertura - 11%	45 lux	386 lux	310 lux	1290 lux

Tabla 11. Resumen de relación entre aberturas y niveles de iluminancia. Fuente: Elaboración propia

Esto resulta en una herramienta que permite a proyectistas la aplicación de este SIN con la posibilidad de adecuarlo al propio diseño, teniendo certeza que, al respetar determinada relación entre porcentajes de aberturas se obtendrán ciertos valores de luminancia interior, aunque las características morfológicas del diseño particular cambien.

## 5. CONCLUSIONES



La luz natural es un recurso sustentable necesario para la iluminación de edificios que, por un lado, acarrea un importante ahorro de energía eléctrica, con los beneficios ambientales que esto implica, y por otro, mejora notablemente las condiciones interiores de los espacios, ayudando al confort de los usuarios.

La IN resulta un aspecto fundamental de análisis a tener en cuenta en el diseño de los edificios educativos, donde el ambiente visual incide directamente en el desempeño de los alumnos y donde las tareas varían a lo largo del día y del año; debiendo ser el ambiente luminoso, factible de adecuarse a los mismos.

Para mejorar el aprovechamiento de la IN, es fundamental conocer sus principios, características y disponibilidad en la región del proyecto a desarrollar; para lograr así incorporar estrategias de captación y control durante el proceso de diseño.

El clima luminoso de Mendoza cuenta con un porcentaje elevado de disponibilidad solar, observándose valores de 60.000 lux en invierno a 110.000 lux en verano. Esto constituye un recurso valioso que debe ser manejado adecuadamente para poder aprovecharlo y controlarlo en caso de ser necesario de acuerdo con los requerimientos de uso y a los diferentes momentos del año.

A su vez, cuando se trabaja sobre una edificación destinada al desarrollo de enseñanza musical, es fundamental que los sistemas o modificaciones proyectuales planteados no interfieran con los requerimientos acústicos de los espacios sobre los que se trabaja.

El edificio de la Orquesta Escuela Alas del Viento se encuentra en instancias de proyecto, resultando este el momento adecuado para el análisis de las características lumínicas del espacio y para el planteo de modificaciones que permitan mejorar su rendimiento luminoso.

La incorporación de elementos de captación y control resultan fundamentales de acuerdo con las características del proyecto original del edificio, ya que el mismo no se orienta de la forma más conveniente. Estos elementos deben, inexorablemente, favorecer, o al menos no afectar, las condiciones acústicas de los espacios donde se plantean; es por esto que cada sistema se estudia y proyecta en forma particular para el objeto arquitectónico con los materiales acordes a dichos requerimientos.

Ante la complejidad planteada, y para optimizar aquellos espacios prioritarios que requieren mayor necesidad de iluminación, se realizó un diagnóstico sobre el programa del edificio. El mismo contempló distintas variables funcionales y morfológicas, del que resultó la selección de casos de intervención. De esta manera, se organizó una estructura de escenarios que contemplan los principales usos y requerimientos lumínicos. Como parte del proceso de diseño, se analizaron las estrategias de mitigación y a partir de la identificación de las mismas, los consecuentes sistemas de iluminación natural para incorporar en esta etapa proyectual. Fue posible realizar la validación del comportamiento lumínico a través de mediciones en base a modelos escala. Esta metodología demostró que en base a maquetas de estudio se logra una materialización con características reales de los espacios.

Como resultados generales se demostró:

- Para el **caso de las aulas**, se desarrollaron tres estrategias principales: la modificación de la proporción de las aberturas, la incorporación de un sistema de control de ingreso de rayos directos, compuesto por parasoles verticales, y la ejecución de un tragaluz con difusores orientado al Norte.

Cabe destacar que los parasoles presentan una particularidad; además de cumplir la función de control de luz, el diseño de las lamas verticales expone características de su materialidad que involucra aspectos acústicos para el espacio.

Estos parasoles tienen a su vez, una doble función, se construyen con materiales pesados que dificulten las vibraciones por ondas sonoras, y, por otro lado, con un acabado que mejora las condiciones acústicas generales

ayudando a la disminución de la reflexión de ondas sonoras, mejorando la reverberación.

A esto se suma que el pensamiento de la construcción de los mismos va más allá, atendiendo a la idea de un modelo sustentable, dados los procesos que implica su confección, como el uso de recursos locales.

De acuerdo con las mediciones, en el caso de la integración del Sistema de Control, se obtuvieron buenos niveles, además de otorgar calidad y distribución luminosa correcta a los espacios. Como contrapartida, se comprende que existe dificultad en el manejo de los parasoles por parte de los usuarios de la escuela para su adecuado funcionamiento. Para esto, se propone la realización de un manual de uso en una instancia de capacitación.

Por otro lado, se planteó la incorporación de un SIN que funcione en forma autónoma a los parasoles permitiendo el continuo ingreso de iluminación natural: el tragaluz con difusores. Este posibilita también que las aberturas laterales se cierren completamente, ya sea a partir de los propios parasoles, o de cortinas que mejoren las condiciones acústicas (si es necesario cerrar las carpinterías, ya que el vidrio aumenta considerablemente la reflexión de ondas sonoras); y que se obtengan niveles de iluminación aceptables generados por la iluminación cenital.

Cabe destacar, que la posibilidad con experimentar con distintos materiales en los difusores, pudo demostrar que el uso de tela permite una mayor propagación de luz en la superficie total de las aulas, por lo que a futuro se recomienda a los proyectistas la inclusión de este material.

Como último análisis para estos espacios, se demostró que la suma de ambos sistemas permite valores elevados de iluminación, con muy buena calidad y distribución luminosa; además, posibilita la variabilidad y adecuación de los escenarios lumínicos de acuerdo con el uso de los espacios.

- En el **caso del auditorio**, el proyecto original tenía muchas complicaciones respecto de los niveles y la uniformidad de la iluminación del sector, y esto

como resultado de la ubicación y tipología de las aberturas, y de la orientación y características morfológicas del edificio.

La idea fue mejorar, no solo en forma cuantitativa, sino también cualitativa las posibilidades de iluminación en relación con las actividades y a la función de este espacio. Por lo que se plantearon como objetivos, no solo lograr un diseño lumínico con características estéticas y escenográficas, sino también, generar valores bien diferenciados entre el sector del público y el escenario. Esto representó todo un desafío, por lo que se indagó en la búsqueda de aspectos de la estética de la luz como recurso efectista, además de energético.

Dotar de iluminación natural con dichas características a este espacio no era posible con estrategias tradicionales (ventanas laterales); por lo que se investigó la posible incorporación de una estrategia innovativa, como es un sistema anidólico. Este posibilita la captación y distribución de IN de acuerdo con los objetivos planteados.

Por otro lado, y para optimizar el potencial del dispositivo, se estudiaron las formas de captación considerando diferentes elementos colectores; proponiendo un segundo objeto captador, un tragaluz para aumentar el ingreso de iluminación al sistema.

El tratamiento del cieloraso requirió otro tipo de estudio en base a las oportunidades que el mismo permitía. Por un lado, analizar las tipologías de direccionalidad de luz sobre el escenario (efectos puntuales o mejor distribución) y esto asociado con el porcentaje de calado. La intención final, se basa en la búsqueda de ampliar el potencial de aplicación del sistema de acuerdo con los resultados obtenidos y las posteriores necesidades y acondicionamientos reales de la institución al momento de la construcción del edificio.

A partir de estas propuestas se estudiaron los resultados lumínicos de acuerdo con distintas combinaciones entre los sistemas (anidólico con un único

captador, anidólico y tragaluz, diferentes tipologías de calado de cielorraso) para analizar el comportamiento de cada una de ellas.

Para el caso de la aplicación del anidólico más el tragaluz, con el cielorraso de tipología 1, los valores medidos en el sector del escenario no resultaron más altos que los medidos en el mismo sector en la situación base; a pesar de esto si se modificó la calidad y el carácter luminoso obtenido; además de obtenerse diferencias importantes en el contraste entre el área del público y del escenario (80%).

En el escenario 2, donde se realizaron las mediciones con el anidólico con un único elemento captador y la tipología 2 de cielorraso, los valores aumentaron en un 170% respecto de la situación base del auditorio. Por otro lado, se mantuvo el contraste de un 80% aproximado entre público y escena. A pesar de esto, no se logran, en este caso, los niveles mínimos requeridos por la normativa.

Finalmente, en el escenario 3, con el anidólico más el tragaluz y el cielorraso de tipología 2, las mejoras en niveles de iluminación respecto de la situación base, fueron de un 550%; logrando, además, en todos los momentos del día y del año, niveles ampliamente superiores a los mínimos requeridos.

Los datos antes mencionados confirman la factibilidad de la propuesta desarrollada y permiten establecer una determinada relación entre porcentajes de apertura (de sistema anidólico y calado de cielorraso) y niveles de iluminancia interior. Esto funciona como herramienta de cálculo para poder realizar modificaciones en las partes del sistema, o nuevos diseños aplicando los mismos SIN, conociendo de antemano los valores de iluminancia que se obtendrán.

Cabe aclarar que, en un ambiente como este, al desarrollarse todos los sistemas en un nivel superior al del cielorraso, el cual se construye con materiales y características adaptadas a las necesidades acústicas, no es necesario que el

sistema plantee características particulares, solo su adecuada construcción para evitar vibraciones.

A modo de anexo, se desarrolla un dossier técnico, donde se explica detalladamente la forma y los componentes de cada sistema para que los mismos puedan ser construidos y adaptados a otros edificios con características similares, ampliando las posibilidades de aplicación del trabajo realizado y para que pueda ser transferido a proyectistas y responsables.

Finalmente, el presente trabajo busca generar un aporte concreto y aplicable para el proyecto del edificio de la Orquesta Escuela Alas del viento. El desarrollo de los sistemas planteados pretende, por un lado, reducir el consumo de energía eléctrica mejorando el aprovechamiento del recurso solar para la iluminación de los espacios de estudio; y por otro, mejorar la calidad de dichos espacios, y así influir favorablemente en el desempeño de los estudiantes. Por último, se busca enfatizar la importancia de la luz natural como generador y modificador de sensaciones y percepciones, como una instancia de iluminación que va más allá del estudio luminotécnico en sí. Se espera poder dar visibilidad a los resultados obtenidos para que sirvan como base para futuros proyectos de infraestructura educacional.

## ANEXOS

## MEDICIONES Y FOTOGRAFÍAS

### CASO: AULA MEDIANA










Hora: 12:20

Global: 50.000 lux

Difusa: 4.440 lux

#### ESCENARIO 1 – ABERTURAS LATERALES CON PARASOLES MÓVILES

HORA	10:00:00		12:00:00		16:00:00	
PUNTO	P1	P2	P1	P2	P1	P2
INVIERNO	772	554	689	593	1.984	1.595
VERANO	450	443	451	335	2.578	2.092
OTOÑO	660	503	620	480	2.373	2.303

	10:00	12:00	16:00
INVIERNO			
VERANO			
OTOÑO			



CASO: AULA MEDIANA










Hora: 12:20

Global: 50.000 lux

Difusa: 4.440 lux

**ESCENARIO 3 - Parasoles cerrados. Con tragaluz**

HORA	10:00:00		12:00:00		16:00:00	
PUNTO	P1	P2	P1	P2	P1	P2
INVIERNO	920	482	1.044	540	673	630
VERANO	288	152	360	184	211	103
OTOÑO	650	341	780	408	484	240

	10:00	12:00	16:00
INVIERNO			
VERANO			
OTOÑO			

CASO: AULA MEDIANA

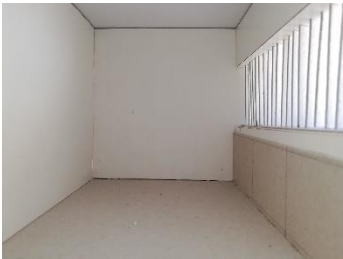








Hora: 12:20

Global: 50.000 lux

Difusa: 4.440 lux

**ESCENARIO 3 - Parasoles abiertos. Con tragaluz**

HORA	10:00:00		12:00:00		16:00:00	
PUNTO	P1	P2	P1	P2	P1	P2
INVIERNO	1.715	1.025	1.768	1.049	2.657	2.124
VERANO	721	530	925	556	2.779	2.147
OTOÑO	1.288	833	1.415	881	2.817	2.686

	10:00	12:00	16:00
INVIERNO			
VERANO			
OTOÑO			

CASO: AULA GRANDE










Hora: 12:50

Global: 51.800 lux

Difusa: 3.980 lux

ESCENARIO 1 – ABERTURAS LATERALES CON PARASOLES MÓVILES

HORA	10:00:00		12:00:00		16:00:00	
PUNTO	P1	P2	P1	P2	P1	P2
INVIERNO	851	1.156	435	734	1.154	1.618
VERANO	958	1.156	412	619	1.539	1.952
OTOÑO	798	1.041	392	633	1.350	1.677

	10:00	12:00	16:00
INVIERNO			
VERANO			
OTOÑO			

CASO: AULA GRANDE










Hora: 12:50

Global: 51.800 lux

Difusa: 3.980 lux

**ESCENARIO 2 - Parasoles cerrados. Con tragaluz**

HORA	10:00:00		12:00:00		15:30:00	
PUNTO	P1	P2	P1	P2	P1	P2
INVIERNO	1.450	3.135	2.403	3.623	908	2.365
VERANO	370	1.169	454	1.480	311	945
OTOÑO	778	2.310	998	2.884	628	1.711

	10:00	12:00	16:00
INVIERNO			
VERANO			
OTOÑO			

CASO: AULA GRANDE










Hora: 12:50

Global: 51.800 lux

Difusa: 3.980 lux

**ESCENARIO 3 - Parasoles abiertos. Con tragaluz**

HORA	10:00:00		12:00:00		16:00:00	
PUNTO	P1	P2	P1	P2	P1	P2
INVIERNO	2.180	4.183	2.711	4.176	2.040	3.920
VERANO	1.215	2.295	869	2.072	1.752	2.698
OTOÑO	1.522	3.276	1.350	3.486	1.935	3.342

	10:00	12:00	16:00
INVIERNO			
VERANO			
OTOÑO			

CASO: AUDITORIO




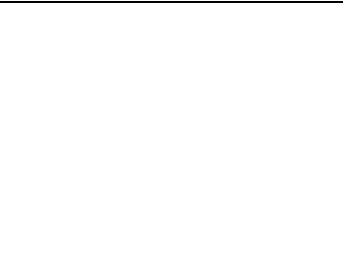



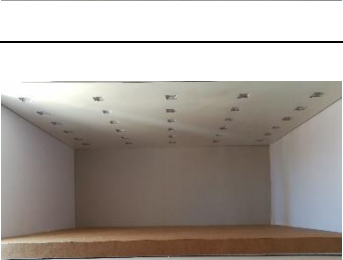

Hora: 13:50

Global: 51.920 lux

Difusa: 4.250 lux

ESCENARIO 0 - SITUACIÓN ACTUAL - Solo abertura oeste

HORA	10:00:00		12:00:00		16:00:00	
PUNTO	P1 (publico)	P2 (escena)	P1 (publico)	P2 (escena)	P1 (publico)	P2 (escena)
INVIERNO	93	64	89	52	401	239
VERANO	72	41	59	39	360	167
OTOÑO	81	50	89	46	465	241

	10:00	12:00	16:00
INVIERNO			
VERANO			
OTOÑO			



CASO: AUDITORIO










Hora: 13:50

Global: 51.920 lux

Difusa: 4.250 lux

ESCENARIO 1 - Abertura cerrada. Anidolico y tragaluz- Cielorraso 1

HORA	10:00:00		12:00:00		16:00:00	
PUNTO	P1 (publico)	P2 (escena)	P1 (publico)	P2 (escena)	P1 (publico)	P2 (escena)
INVIERNO	12	136	18	179	12	107
VERANO	9	64	12	92	9	50
OTOÑO	13	115	18	155	11	71

	10:00	12:00	16:00
INVIERNO			
VERANO			
OTOÑO			

CASO: AUDITORIO


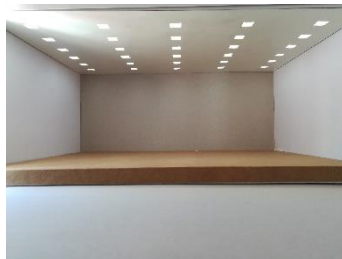







Hora: 13:50

Global: 51.920 lux

Difusa: 4.250 lux

ESCENARIO 1B - Abertura oeste abierta. Anidólico y tragaluz. Cielorraso 1

HORA	10:00:00		12:00:00		16:00:00	
PUNTO	P1 (publico)	P2 (escena)	P1 (publico)	P2 (escena)	P1 (publico)	P2 (escena)
INVIERNO	104	183	106	230	406	340
VERANO	83	106	91	132	356	208
OTOÑO	92	165	106	203	470	306

	10:00	12:00	16:00
INVIERNO			
VERANO			
OTOÑO			



CASO: AUDITORIO





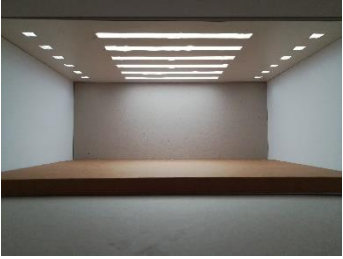
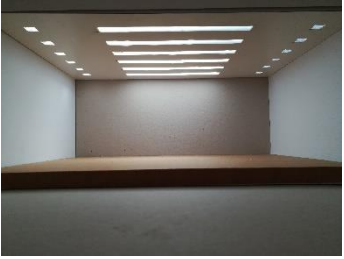
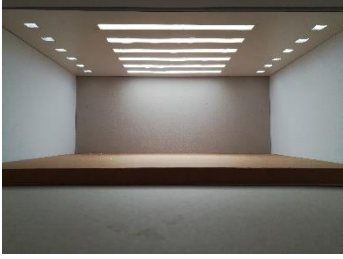

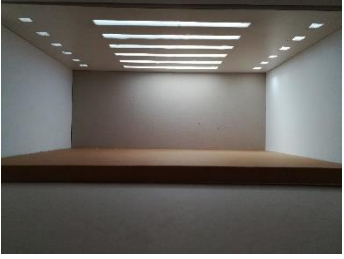
Hora: 12:20

Global: 47.730 lux

Difusa: 3.975 lux

ESCENARIO 2 - Abertura cerrada. Anidolico. Cielorraso 2

HORA	10:00:00		12:00:00		16:00:00	
PUNTO	P1 (publico)	P2 (escena)	P1 (publico)	P2 (escena)	P1 (publico)	P2 (escena)
INVIERNO	48	295	68	386	23	160
VERANO	34	210	43	325	16	45
OTOÑO	48	410	66	573	22	142

	10:00	12:00	16:00
INVIERNO			
VERANO			
OTOÑO			

CASO: AUDITORIO




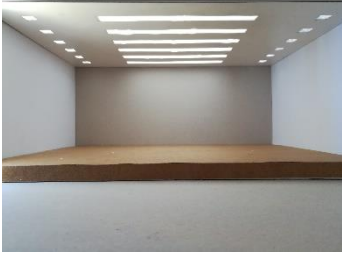



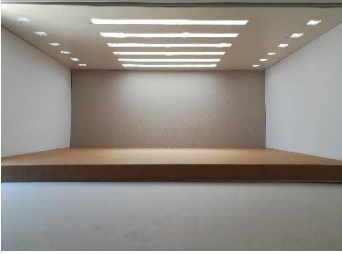

Hora: 12:20

Global: 47.730 lux

Difusa: 3.975 lux

ESCENARIO 2B – Abertura Oeste. Anidolic. Cielorraso 2

HORA	10:00:00		12:00:00		16:00:00	
PUNTO	P1 (publico)	P2 (escena)	P1 (publico)	P2 (escena)	P1 (publico)	P2 (escena)
INVIERNO	127	351	149	436	428	405
VERANO	95	235	119	357	365	268
OTOÑO	121	448	149	622	475	396

	10:00	12:00	16:00
INVIERNO			
VERANO			
OTOÑO			

CASO: AUDITORIO

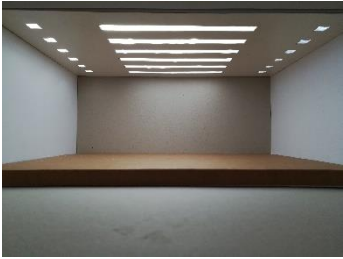
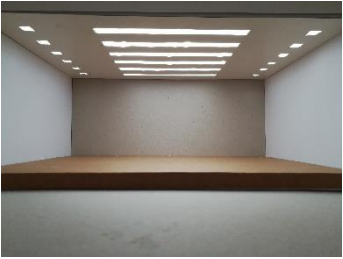

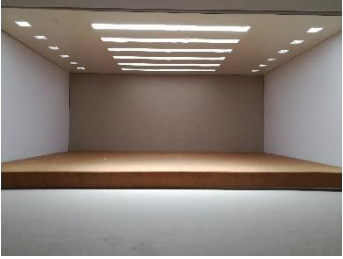
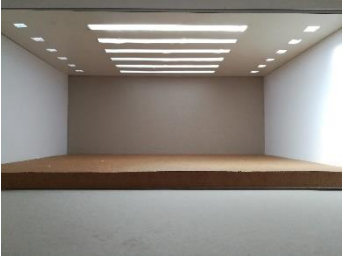


Hora: 12:20

Global: 47.730 lux

Difusa: 3.975 lux

ESCENARIO 3 - Abertura cerrada. Anidolico y tragaluz. Cielorraso 2

HORA	10:00:00		12:00:00		16:00:00	
PUNTO	P1 (publico)	P2 (escena)	P1 (publico)	P2 (escena)	P1 (publico)	P2 (escena)
INVIERNO	128	600	156	840	63	310
VERANO	252	606	295	819	155	407
OTOÑO	125	901	159	1.290	64	320

	10:00	12:00	16:00
INVIERNO			
VERANO			
OTOÑO			

CASO: AUDITORIO

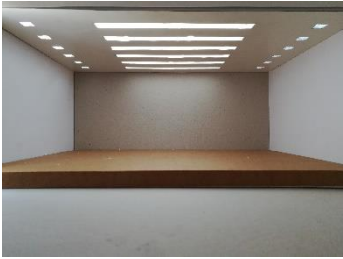
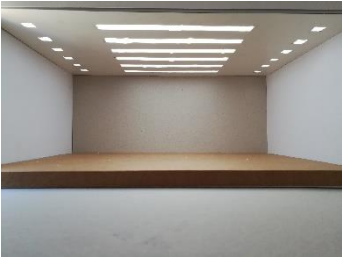





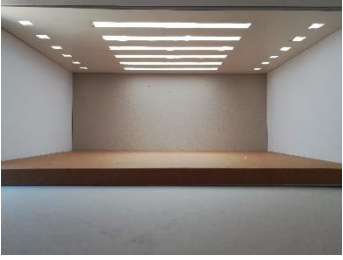

Hora: 12:20

Global: 47.730 lux

Difusa: 3.975 lux

ESCENARIO 3B - Abertura Oeste. Anidolico y tragaluz. Cielorraso 2

HORA	10:00:00		12:00:00		16:00:00	
PUNTO	P1 (público)	P2 (escena)	P1 (público)	P2 (escena)	P1 (público)	P2 (escena)
INVIERNO	210	653	245	895	473	559
VERANO	310	658	373	836	492	567
OTOÑO	200	925	240	1.333	518	563

	10:00	12:00	16:00
INVIERNO			
VERANO			
OTOÑO			

## BIBLIOGRAFÍA

Acero Martinez, L., & Bustos Ortiz, C. (Marzo de 2011). Diseño acústico de las aulas de clase de la nueva construcción del colegio distrital I.E.D. República de Costa Rica. Tesis de grado. Bogotá D.C., Colombia.

American blind and shade. (s.f.). <https://www.amshades.com/category/12/light-shelves>.

Antrop, I., Royers, H., & De Baecke, L. (2005). Effects of time of day on classroom behavior in children with ADHD. *School Psychology International* V.26 N.1, p. 29-34.

Balmaceda Mesa, M. (08 de 2015). Diseño de anteproyecto arquitectónico. Escuela de música Cema Sinem Coto Brus. *Tesis de grado*. Escuela de arquitectura y urbanismo. Tecnológico de Costa Rica.

Bodart, M., & De Herde, A. (2002). Global Energy Savings in Office Buildings By Use of Daylighting. *Energy and Buildings* V. 34 N. 5, p. 421-429.

Boubekri, M. (2008). *Daylighting, Architecture and Health. Building Design Strategies*. Burlington, EUA: Elsevier Ltd.

Boyce, P., Hunter, C., & Howlett, O. (2003). *The Benefits of Daylight through windows*. New York: Lighting Research Center. Rensselaer Polytechnic Institute.

Bujeiro, L. (Julio de 2016). Estudio de acondicionamiento acústico del aula magna de la escuela universitaria de arquitectura técnica de la universidad de la Coruña. Tesis de maestría. . La Coruña, España.

Cánovas , S. (Junio de 2016). Análisis, acondicionamiento acústico e insonorización de home studio. *Tesis de grado*. Madrid, España: Escuela Superior de imagen y sonido. CES.

Castilla Cabanes, N. (2015). *La iluminación artificial en los espacios docentes. Tesis Doctoral*. Valencia, España: Universidad Politecnica de Valencia.

Castillo Urbe, M. (2011). Sistema de transporte vertical de luz natural. Lumiductos. *Tesis de Maestría*. Ciudad de Mexico: Universidad Autónoma Metropolitana.

Coluccio, E. (s.f.). *Concepto*. Obtenido de <https://concepto.de/sonido/>

Córica, Lorena. Doctorado en Medio Ambiente Visual e Iluminación Eficiente. Facultad de Ciencias Exactas y Tecnología. Universidad Nacional de Tucuman. Título de Tesis "Comportamiento de la luz natural en entornos urbanos representativos del modelo oasis en regiones áridas. Caso de estudio: Ciudad de Mendoza". Fecha de defensa Tesis: 18 de marzo de 2010

Córica, Lorena. Magister en Arquitectura de Zonas Áridas y Sísmicas. Facultad de Arquitectura y Diseño. Universidad Nacional de San Juan. Título de Tesis: "Influencia de la iluminación natural del paisaje urbano en regiones áridas. Caso de estudio: la Ciudad oasis de Mendoza". Fecha de defensa de Tesis: 27 de Marzo 2008

Courret, G., Paule, B., & al., e. (1996). Anidolic Zenithal openings: Daylighting and shading. *Lighting Research and Technology*. v.28, 11-17.

De Rosa, C, et al. (1988) Un edificio escolar energéticamente eficiente en un terreno con orientación intermedia. *Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente*. Buenos Aires. v. 2 - p 31

Dirección de Arquitectura del Ministerio de Obras Públicas. (2012). *Manual de diseño pasivo y eficiencia energética en edificios públicos*. Santiago de Chile: Sociedad Impresora R&R Ltda.

- Dunn, R., & al., e. (1985). Ligth Up Their Lives: a research on the effects of lighting on children's achievement and behavior. *The Reading Teacher*. V. 38, N. 79, p. 863-869.
- Erazo Dosantos, J., & Pineda Guerra, J. (2016). *Adecuación acústica para espacios de formación musical: Alternativas de aislamiento y acondicionamiento*. Bogota D.C.: Ministerio de Cultura de Bogotaá. Colombia.
- Esteves, A., Flores Cáceres, M. R., Esteves, M. L., & Esteves, M. (2013). Arquitectura bioclimática. Caso proyecto para la escuela de música Fundación Música Viva. Bariloche. Argentina. *Reunión de Trabajo de la Asociación Argentina de Energías Renovables y Medio Ambiente*, Vol. 1, pp.05.89-05.96.
- Evans, G., & Ferguson, K. (2011). *Enviroment and Mental Health. Encyclopedia of Enviromental Health*. Burlington: Elsevier.
- Fernandez Llano, J. et. al. (1999). Análisis de costos en edificios escolares bioclimáticos. *Avances en energías renovables y medio ambiente*. Buenos Aires. v. 3 p. 73.
- Ferrón , L., Pattini , A., & Lara, M. (2007). Características fotométricas del sistema de iluminación natural. Elementos componentes de transporte de luz. . *Avances en energías renovables y medio ambiente. Vol 11*.
- Fontoynt, Marc. (1999) *Daylight Performance of Buildings*. Routledge. ISBN 9781873936870
- Galasiu, A., & Veitch, J. (2006). Occupant Preferences and Satisfaction with the Luminous Environment and Control Systems in Dayligh Offices: a literature review. *Energy and Builgings*. v.38, n. 7, 728 - 742.



Gelardi, D., Esteves, A., Sampieri, F., Barea, G., Inchauspe, F., Gomez Piovano, J., & Cugnini, E. (s.f.). *Edificio Sustentable para la escuela de música de la Universidad Nacional de Cuyo. Planteo Sustentable*. Mendoza: DICYT. Universidad de Mendoza.

Gimenez Ganga S.L.U. (s.f.). Celosías. Dossier Técnico. Alicante, España.

Guzowsky, M. (2000). *Daylighting for sustainable design*. Mc Graw Hill.

Heschong, L. (1999). *Daylighting in Schools: an Investigation into the Relationship Between Daylighting and Human Performance*. Fair Oaks: Heschong Mahone Group to Pacific Gas and Electric.

[http://physionet.cps.unizar.es/~eduardo/docencia/tvoz/tema1/basico\\_acustica.pdf](http://physionet.cps.unizar.es/~eduardo/docencia/tvoz/tema1/basico_acustica.pdf). (s.f.).

[https://www.lpi.tel.uva.es/~nacho/docencia/ing\\_ond\\_1/trabajos\\_05\\_06/io2/public\\_html/sonido.html](https://www.lpi.tel.uva.es/~nacho/docencia/ing_ond_1/trabajos_05_06/io2/public_html/sonido.html). (s.f.).

Infoleg. (s.f.). *Energías de mi país. Mapa de radiación solar*. Obtenido de <http://energiasdemipais.educ.ar/fuentes-de-energia-potencial/mapa-de-radiacion-solar/>

Ison, M., & Pattini, A. (2009). Eficacia atencional en niños y optimización del acondicionamiento lumínico en aulas. Investigación en ciencias del comportamiento. *Avances Iberoamericanos*. Buenos Aires: CIPME - CONICET, p.85-99.

Jackaway, A., & al, e. (1997). *A new approach to heliodons; A foru-axis prototype capable of operating unver varying altitude lighth sources*. . Washington, DC: Actas del 22 National Passive Solas Conference ASSES.

Jacobchuk, E. (s.f.). *Alas del viento*. Obtenido de <https://orquestaalasdeltviento.com/>

Lagartos Granados, I. (2014). *Conservación y restauración de instrumentos musicales. Tesis de Grado*. Valencia: Facultad de Bellas Artes de Sant Carles. Universidad politécnica de Valencia. .

Lesesne, C., Visser, S., & White, C. (2003). Attention-Deficit/Hyperactivity Disorder in School-Aged children association with maternal mental health and use of health care resources. *Pediatrics V.III. Supplement 1*, p. 1232-1237.

Loisos, G. (1999). Daylighting in school. An investigation into the relationship between Daylighting and human performance.

Mesa, N., & Morillon, D. (2005). Metodología para el diseño optimizado de las herramientas de control solar. *Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente*, Vol. 9.

Ministerio de Educación de la Nación. (2011). *Experiencias de educación artística, cultura y ciudadanía*. . CABA: Ministerio de Educación de la Nación .

Ministerio de Educación y Deportes. Presidencia de la Nación. (2017). *Principales cifras del sistema educativo nacional*.

Ministerio de educación. Dirección de Infraestructura. (1998). *Criterios y normativas básicas de la arquitectura escolar*. Buenos Aires.

Mitchell, J. (1999). Escuela Marcelino Blanco: un edificio energéticamente eficiente en el este de Mendoza. *Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente*, v. 3, n. 1.

Monteoliva, J. M., & Pattini, A. (2013). Iluminación natural en aulas: análisis predictivo dinámico del rendimiento lumínico-energético en clima soleados. *Associação Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído*, v. 13, n. 4, p. 235-248.

Monteoliva, J., & Pattini, A. (2013). Iluminación natural en aulas. Analisis predictivo dinámico del rendimiento lumínico-energético en climas soleados.

Moore, F. (1985). *Concepts and practice of architectural daylighting. Chapter 14*. New York: Van Nostrand Reinhold.

Muñoz Nuñez, D. (02 de 2010). La iluminación natural en los espacios arquitectónicos educativos interiores. Modelo de indicadores de diseño. *Tesis de Maestría*. San Luis Potosí, México: Facultad de Habitat. Universidad Autónoma de San Luis Potosi.

Pattini, A., Mitchel, J., & Ferron, L. (2003). Diseño de lumiductos bajo costo para vivienda bioclimática unifamiliar. *Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente*, Vol. 7, N° 1.

Pattini, A. (2009). *La Luz Natural en las Escuelas: aprovechamiento y control de la luz solar en aulas*. Buenos Aires: Dunken.

Pattini, A. (2009). *La Luz Natural en las Escuelas: Aprvoehcamiento y control de la luz solar en aulas*. Buenos Aires: Dunken.

Pattini, A. (s.f.). Evaluación de la iluminación natural en edificios. Modelo a escala. Laboratorio de Ambiente Humano y Vivienda. Instituto de Ciencias Humanas Sociales y Amvientales. CRICYT-CONIOCET.

Pattini, A. (s.f.). *Evaluación de la iluminación natural en edificios. Modelo a escala*. Laboratorio de Ambiente Humano y Vivienda (LAHV)- Instituto

de Ciencias Humanas Sociales y Ambientales. (INCICHUSA) CRICYT-CONICET.

Pattini, Andrea. Doctorado Orientación en Luz y Visión. Título obtenido en la Facultad de Ciencias Exactas y Tecnológica Universidad Nacional de Tucuman. Resolución N°2690/2007 Consejo Superior. Fecha de egreso 20/12/2007. Tesis de Doctorado: Eficiencia lumínico-térmica de dispositivos de control y difusión de la luz solar aplicable a ventanas en aulas en la provincia de Mendoza. Director de Tesis: Dr. Ing. Carlos F. Kirschbaum. Co-director de Tesis: Mg. Arq. Carlos de Rosa.

Pattini A, Kirschbaum (2006) Iluminación Natural en Edificios Solares. El caso de control y distribución lumínica en aulas de un edificio escolar construido en Mendoza. *Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente*. v. 10. Impreso en Argentina. ISSN 0329-5184

Pattini, A. (s.f.). Recomendaciones de niveles de iluminación en edificios no residenciales. Una comparación internacional. Argentina: Laboratorio de Ambiente Humano y Vivienda. Instituto de Ciencias Humanas Sociales y Ambientales. CRICYT-CONICET.

Pattini, A., Villalba, A., García, A., Ferron, L., Iriarte, A., & Lesino, G. (2009). Diseño de un sistema de iluminación natural anidólico para el centro de propagación agámica INTA-Catamarca. *Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente*, Vol. 13.

Phillips, D. (2004). *Daylighting. Natural Light in Architecture*. Burlington, EUA: Elsevier.

Phillips, R. (1997). Educational Facility Age and the Academic Achievement of Upper, Elementary School Students. *Tesis Doctoral*. Georgia: University of Georgia.

Pividori, V., Alías, H., Jacobo, G., & Martina, P. (2013). Condiciones de iluminación natural y artificial en el edificio de la Facultad de Arquitectura de la UNNE. Monitoreo para su diagnóstico según normativa vigente. *Reunión de Trabajo de la Asociación Argentina de Energías Renovables y Medio Ambiente*, Vol. 1, pp.05.11-05.20

Rayleigh, J. (1984). *The Theory of Sound*. New York: Dover.

Roldan Rojas. (2016). *Caracterización geométrica de atrios incorporados a edificios de Santiago de Chile. Tesis Doctoral*. Madrid: Universidad Politécnica de Madrid.

Salas Prieto, J. I. (2012). Estudio del diseño pasivo en edificación y estudio de iluminación de una vivienda unifamiliar. *Trabajo fin de master*. España: Universidad Politécnica de Madrid.

*Shadow Pro - Relojes de sol y astrolabios*. (s.f.). Obtenido de <https://www.shadowspro.com/es/index.html>

Taylor, A., & Gousie, G. (1998). The Ecology of Learning Environments for Children. *CEFPI Journal*. v. 26, n.4, 23-28.

Tonello, G. (1998). Efectos no visuales de la Luz: una puesta al día. *Revista Luminotecnica*. n 56.

Vazquez, J. (2019) *Energía Solar y Arquitectura. Aplicaciones de sistemas solares pasivos y activos*. Centro de estudios del Ambiente Humano. Facultad de Arquitectura, Planeamiento y Diseño. UNR

Veitch, J., & Newsham, G. (1998). Lighting Quality and Energy-Efficiency Effects on Task Performance, Mood, Health, Satisfaction and Comfort. *JIES*, v.27, n.1, 107-129.

Veitch, J., Gifford, R., & Hine, D. (1991). Demand Characteristics and Full Spectrum, Lighting Effects on Performance and Mood. *Journal of Environmental Psychology* v.11, 95-97.

Weather Spark. (s.f.). *El clima promedio en General Alvear*. Obtenido de <https://es.weatherspark.com/y/27494/Clima-promedio-en-General-Alvear-Argentina-durante-todo-el-a%C3%B1o>

Wienold, J., & Christoffersen, J. (2006). Evaluation Methods and Development of a New Glare Prediction Model For Daylight Enviroments with the use of CCD Cameras. *Energy and Buildings* v.38, n.7, 743-757.

2030 PALETTE (s.f.). *Estantes de Luz Intermedios*. Obtenido de <http://2030palette.org/estantes-de-luz-intermedios/?lang=es>