



**UNIVERSIDAD DEL BÍO-BÍO
FACULTAD DE ARQUITECTURA, CONSTRUCCIÓN Y DISEÑO**

**Brechas para la Rehabilitación energética de establecimientos
educacionales públicos existentes:
caso representativo de la Región del Biobío.**

**TESIS PARA OPTAR AL GRADO DE MAGÍSTER EN HÁBITAT SUSTENTABLE Y
EFICIENCIA ENERGÉTICA**

AUTOR: Karol Montoya Valderrama

PROFESOR GUÍA: Maureen Trebilcock Kelly

CONCEPCION, Julio 2019

Resumen

El presente estudio analiza la condición de infraestructura educacional para establecimientos públicos que se encuentran fuera de los nuevos estándares de diseño de los edificios públicos (aplicados por el Ministerio de Obras Públicas desde el año 2015) y sus potenciales vías de rehabilitación energética y ambiental con recursos públicos.

Estos edificios educacionales existentes, hoy en manos de los distintos municipios del país, generalmente no cumplen con los estándares mínimos establecidos en la normativa actual para impartir una educación de calidad. Por lo tanto, existe una brecha, un distanciamiento entre los nuevos edificios (posterior al año 2015) y los edificios educacionales preexistentes, diferencia que no debiese existir, ya que ambos edificios entregan el mismo servicio a la comunidad educativa. Esto se acrecienta aún más cuando se les compara con algunos edificios privados.

Este estudio tiene por objetivo establecer la brecha de cumplimiento de estándares para la Rehabilitación energética de establecimientos educacionales públicos de la región del Biobío, ya que ésta presenta uno de los niveles de deterioro mayor de su infraestructura y también es una de las regiones con más estudiantes del país. Por lo tanto, se busca diagnosticar la infraestructura de la edificación pública existente y proponer vías de mejoramiento y rehabilitación energética para estos edificios, dentro de un contexto económico real, asociado a las vías de financiamiento disponibles en la región del Biobío.

Es así como se compilan y analizan los niveles normativos: caso base, Decreto Supremo 548, estándar Sello, estándar Sello Optimizado, estándar TDRé, estándar privado Colegio Almondale Valle y estándar privado Colegio Almondale Valle optimizado. Cada uno de ellos genera distintas soluciones técnicas sobre los elementos estructurales del caso base, resultados y evaluación económica de inversión con las vías de financiamiento disponibles en la actualidad.

De la evaluación, se evidencia una de las grandes problemáticas de la educación pública, que indica que el rendimiento energético de un edificio educacional público es mínimo, de hecho, el caso base tiene el consumo energético más bajo de todas las alternativas analizadas. Por lo tanto,

el problema radica principalmente en el confort ambiental de los estudiantes, el cual está dramáticamente relacionado a la capacidad económica y profesional del sostenedor.

En consecuencia, la rehabilitación energética y ambiental de estos edificios es posible, con distintos rangos de inversión y líneas de financiamiento, sin embargo, la programación y el tiempo que conlleva cada mejoramiento requiere esfuerzos claros por parte del sostenedor, la brecha no solo es económica, sino que también es profesional y sistémica.

Palabras claves: *Rehabilitación energética, estándares nacionales, establecimientos educacionales públicos, inversión pública, brecha energética.*

Abstract

The present study analyzes the condition of educational infrastructure for public establishments that are outside the new design standards of public buildings (applied by the Ministry of public works since 2015) and their potential ways of energy and environmental rehabilitation with public resources.

These existing educational buildings, now in the hands of the different municipalities of the country, generally do not meet the minimum standards established in the current regulations to provide quality education. Therefore, there is a gap, a gap between the new buildings (after 2015) and the pre-existing educational buildings, a difference that should not exist, since both buildings provide the same service to the educational community. This increases even more when compared to some private buildings.

The objective of this study is to establish the compliance gap with standards for the energy rehabilitation of public educational establishments in the Biobío region, since this presents one of the highest levels of deterioration of its infrastructure and is also one of the regions with the highest students of the country. Therefore, the aim is to diagnose the infrastructure of existing public buildings and propose ways of improving and rehabilitating energy for these buildings, within a real economic context, associated with the financing channels available in the Biobío region.

This is how normative levels are compiled and analyzed: base case, Supreme Decree 548, Stamp standard, Optimized Stamp standard, TDRe standard, Almondale Valley private standard, and private standard Almondale Valley School optimized. Each of them generates different technical solutions on the structural elements of the base case, results and economic evaluation of investment with the financing methods currently available.

From the evaluation, one of the great problems of public education is evident, which indicates that the energy performance of a public educational building is minimal, in fact, the base case has the lowest energy consumption of all the alternatives analyzed. Therefore, the problem lies mainly in the environmental comfort of the students, which is dramatically related to the economic and professional capacity of the supporter.

Consequently, the energy and environmental rehabilitation of these buildings is possible, with different investment ranges and financing lines, however, the programming and the time that each improvement entails requires clear efforts on the part of the holder, the gap is not only economic, but it is also professional and systemic.

Keywords: Energy rehabilitation, national standards, public educational establishments, public investment, energy gap.

Índice

Resumen.....	i
Capítulo 1 Introducción.....	1
Capítulo 2 Infraestructura educacional en Chile	5
2.1 Objetivo general.....	7
2.2. Objetivos específicos	7
2.3. Preguntas de investigación:	7
2.4. Hipótesis	8
2.5. Metodología.....	8
Capítulo 3 Marco teórico.....	10
3.1. Marco Teórico:	10
3.1.1 Problemática en la Administración de la Educación Pública.....	10
3.1.2 Contexto local y global: brecha existente en Educación	11
3.1.3 Relevancia de la investigación: La importancia de la Educación en Chile.....	14
3.1.4 Normativas y estándares.....	16
3.1.5 Condiciones normativas de la infraestructura educacional pública de la Región del Bío-bío.	22
3.2 Rehabilitación energética.	26
3.2.1 Rehabilitación energética de establecimientos educacionales públicos	27
3.2.2 Confort ambiental.....	28
3.2.3 Confort higrotérmico	28
3.2.4 Confort lumínico	29
3.2.5 Confort acústico.....	29
3.2.6 Calidad del aire interior.....	29
3.2.7 El mandante o sostenedor	29
3.3 Fondos de recursos públicos a postular.....	30
3.4 Estándares de eficiencia energética	33
3.4.1 Certificación CES	34
3.4.2 Calificación energética de viviendas	35
3.4.3 Términos de referencia estandarizados (TDR) 2015	35
3.4.4 Calificación propuesta.....	36
Capítulo 4 Metodología caso de estudio.....	37
4.1 Definición del caso de estudio	38
4.2 Características del contexto	41
4.3 Análisis del caso base: Liceo Isidora Aguirre Tupper	42
4.3.1 Condiciones socioeconómicas de la población afectada	42

4.3.2	Análisis urbano	44
4.3.3	Análisis arquitectónico	48
4.3.4	Análisis energético	53
4.3.5	Análisis lumínico	59
Capítulo 5 Diagnóstico general y alternativas		63
5.1	Alternativas de mejora en el consumo energético.....	64
5.2	Alternativas de mejora en la sensación de confort	65
5.2.1	Mejora en el ambiente térmico	65
5.2.2	Alternativas de mejora en la calidad del aire interior.....	65
5.2.3	Alternativas de mejora en la calidad del ambiente lumínico	66
5.2.4	Alternativas de mejora en la calidad del ambiente acústico.....	66
Capítulo 6 Evaluación y resultados alternativas propuestas.....		67
6.1	Mejorar a edificio estándar decreto 548	67
6.1.1	Resultados confort higrotérmico.....	70
6.1.2	Resultados confort lumínico.....	70
6.1.3	Evaluación presupuestaria	71
6.1.4	Líneas de financiamiento	72
6.2	Mejorar a edificio estándar sello.....	74
6.2.1	Resultados confort higrotérmico.....	77
6.2.2	Resultados confort lumínico.....	78
6.2.3	Evaluación presupuestaria	80
6.2.4	Fuentes de financiamiento.....	81
6.3	Mejorar edificio a estándar sello – optimizado.....	82
6.3.1	Resultados confort higrotérmico.....	87
6.3.2	Resultados confort lumínico.....	88
6.3.3	Evaluación presupuestaria	89
6.3.4	Fuentes de financiamiento.....	90
6.4	Mejorar a edificio estándar TDRé MOP	91
6.4.1	Resultados confort higrotérmico.....	95
6.4.2	Resultados confort lumínico.....	96
6.4.3	Evaluación presupuestaria	99
6.4.4	Fuentes de financiamiento.....	100
6.5	Mejorar a edificio estándar Almondale Valle.....	101
6.5.1	Resultados confort higrotérmico.....	105
6.5.2	Resultados confort lumínico.....	106

6.5.3	Evaluación presupuestaria	107
6.5.4	Fuentes de financiamiento	108
6.6	Mejorar a edificio estándar Almondale valle optimizado	108
6.6.1	Resultados confort higrotérmico	110
6.6.2	Evaluación presupuestaria	111
6.6.3	Fuentes de financiamiento	112
Capítulo 7	CONCLUSIÓN.....	113
Capítulo 8	BIBLIOGRAFÍA.....	120

Capítulo 1 Introducción

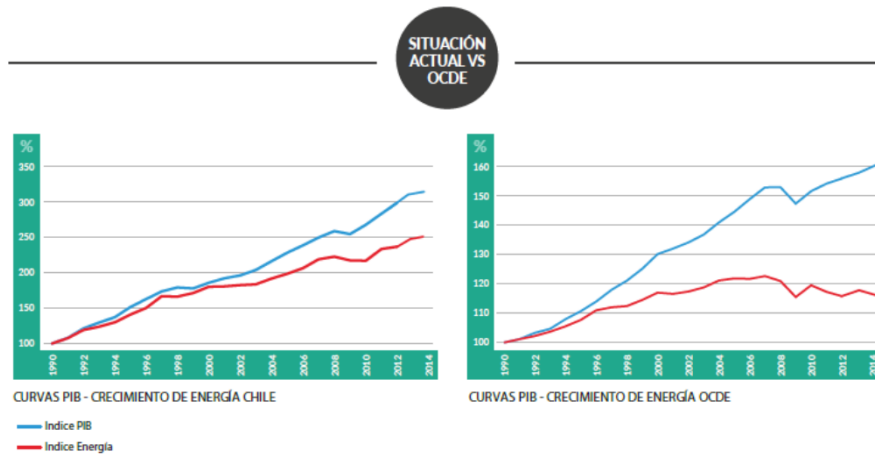
En nuestro país, durante los últimos años, ha existido un fuerte empuje social orientado a mejorar la educación pública. Desde la “Revolución pingüina” del año 2006, el tema “educación” se ha ubicado dentro del discurso político como una de las prioridades del país y se han tomado distintas acciones orientadas a subir el estándar del servicio.

En paralelo, Chile ha vislumbrado un futuro más prometedor y se ha comprendido con la eficiencia en el uso de las energías como eje fundamental para el desarrollo del país. Esto no es algo tan difícil de comprender, considerando que gran parte del mundo ha comenzado a actuar en pro de la importancia de la eficiencia energética en el desarrollo de los países.

Partiendo de lo general a lo particular, la globalización ha ayudado en que nuestro país comprenda que debe ser eficiente en términos energéticos, que dicha eficiencia va de la mano con el avance en investigación y con los esfuerzos del Estado para mejorar las condiciones de vida de sus habitantes.

Es así como Chile, perteneciente a los países de la OCDE (Organización para la cooperación y el desarrollo económico), presenta una situación actual de Eficiencia energética en donde su Producto interno bruto (PIB), que va en aumento, presenta la misma pendiente y aumento en el consumo energético del país. Es decir, a mayor PIB, mayor consumo energético. Mientras que los países desarrollados de la OCDE cuentan con un consumo energético que tiende a ser una línea horizontal, sin pendiente, es decir, su PIB aumenta pero NO su consumo energético asociado a ello (Figura 1).

EFICIENCIA ENERGÉTICA: Situación Actual



El consumo p/c de energía de Chile es el **doblo del promedio Latinoamericano y la **mitad** del consumo promedio OCDE**

Fuente: Balance de Energía y EIA

Figura 1: Eficiencia energética Chile v/s OCDE
Fuente: Balance de Energía y EIA

Dentro de este contexto, nuestro país ha asumido el “Plan Energía 2050” (Ministerio de energía, 2015), el cual tiene metas consideradas para el año 2035 y 2050.

Las metas para el año 2050, tienen por objetivo mejorar el uso de la energía en el país y nos define una línea de avance. Por ejemplo, en la Figura 2, el punto N°3 que se refiere a “Asegurar el acceso universal y equitativo a servicios energéticos modernos, confiables y asequibles a toda la población”, nos habla de que debemos avanzar a conseguir que todos los estratos sociales debiesen acceder a estas mejoras y hacer los esfuerzos en investigación y aplicación para ello.

Para ese entonces, este plan plantea que para el año 2050, los instrumentos territoriales de planificación y ordenamiento debiesen estar en concordancia con los lineamientos de las políticas energéticas. Lo cual, para efectos reales del país, es inmensamente prometedor, ya que gran parte de la edificación debiese ser intervenida a esa fecha.

Así como también la curva de crecimiento del consumo energético, la cual debiese ya estar desacoplada del crecimiento económico del país, esto es, crecer en PIB sin aumentar el consumo energético en la totalidad de edificios residenciales, públicos y comercial.

Se plantea que al año 2025, Chile logre disminuir el consumo energético en un 20%.

PRINCIPALES METAS 2050



Figura 2.: Principales metas 2050. Fuente: Ministerio de energía.

Las iniciativas de normativas y estándares de educación en Chile comienzan desde el año 1989 aproximadamente con la publicación del Decreto 548 del Ministerio de Educación que regula e indica las condiciones mínimas para impartir educación en el país.

A partir de esa fecha, se comenzaron a desarrollar distintas iniciativas las cuales tienen como objetivo mejorar el comportamiento energético de los edificios.

De las normativas y estándares, cabe mencionar que gran parte de los edificios educacionales públicos fueron diseñados y construidos anterior al año 1989, por lo tanto, existe un gran porcentaje de ellos que se encuentran fuera de las recomendaciones de las normativas vigentes hoy en día y fuera de cumplimiento, por lo tanto *presentan una brecha en el cumplimiento de estándares nacionales de eficiencia energética* con respecto a establecimientos educacionales nuevos (sello) y aún más con establecimientos educacionales privados.

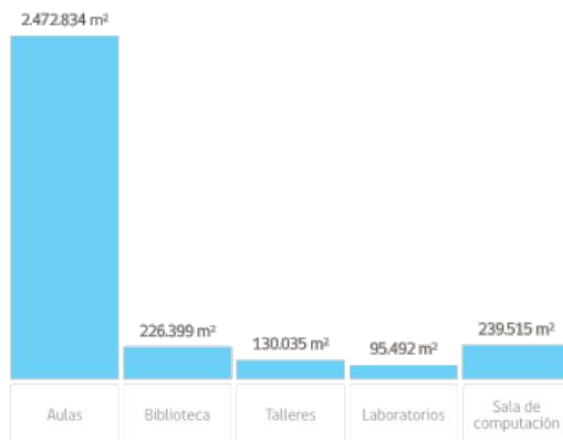
Es importante destacar que, a partir del año 2014, con la incorporación de los Términos de Referencia estandarizados impulsados por la división de Arquitectura del MOP, se ha establecido como obligatorio el desarrollo de los diseños de todos los edificios públicos con parámetros de eficiencia energética en su etapa de diseño.

Capítulo 2 Infraestructura educacional en Chile

En el año 2012-2013 se realizó un catastro de infraestructura educacional por el Ministerio de Educación, dentro del cual se diagnosticó que un 91% de los establecimientos educacionales públicos cuentan con un grado de deterioro de un total de 5.509 establecimientos analizados. Estamos hablando de edificios que cuentan con instalaciones de agua y alcantarillado precarias, revestimientos dañados, cubiertas que se gotean (Figura 3).

Dicho catastro describe la condición de la infraestructura pública en situaciones que bordean la inhabitabilidad de los edificios y, en consecuencia, en ningún caso se refiere a un mínimo de parámetros de eficiencia energética, sino que estos edificios apenas alcanzan a cumplir con lo indicado en el decreto 548.

Superficies de los recintos



Cantidad de locales por rango de deterioro

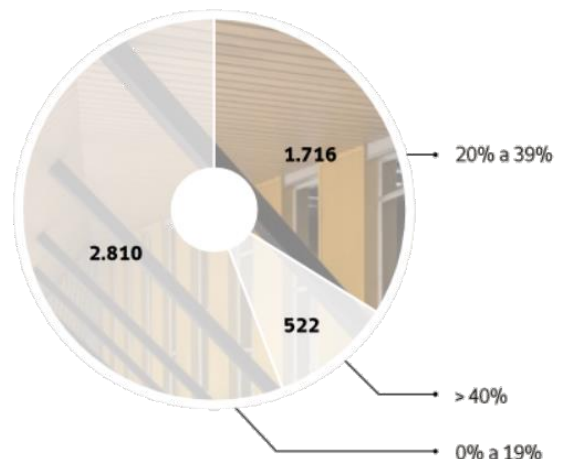


Figura 3. Gráfico Superficie de los recintos disponibles y Rango de deterioro por cantidad de locales educacionales. Fuente: Catastro de Infraestructura educacional 2012-2013.

De un total de 5509 establecimientos educacionales, 5048 locales tienen un grado de deterioro en su infraestructura (91%); 1282 locales tienen instalaciones eléctricas y sanitarias precarias (23%) y 1129 locales tienen materialidad precaria (20%). La mayoría se concentra en la VIII y XIII Región.

Sin embargo, estos edificios cuentan con un bajo **consumo energético, de entre 16.000 y 50.000 Kwh-año**, ya que no cuentan con sistemas de calefacción centralizado, ni instalaciones eléctricas óptimas para su funcionamiento (instalación doméstica o anti normativa).

Dentro de este contexto, el Ministerio de Educación ha abierto postulaciones a fondos de reparación y/o mantención de los establecimientos educacionales, mediante un Plan estratégico de infraestructura, los cuales buscan mejorar la calidad de las edificaciones, no obstante, son insuficientes para el universo de establecimientos que requiere mejoras. El plan estratégico de infraestructura ha beneficiado a un 36% de los establecimientos con daños y en casi ningún caso se refieren a rehabilitación energética.

En cuanto a las nuevas construcciones de edificios educacionales, en el año 2015, el Ministerio de Educación publicó una guía para el diseño de infraestructura educacional de acuerdo al nuevo estándar requerido (Sello) y el cual se detalla más adelante.

A nivel nacional, los edificios educacionales construidos con el nuevo estándar no superan las diez unidades. En la región del Biobío no hay ningún edificio “Sello” construido. Sin embargo, el nivel establecido se refiere principalmente a edificios nuevos y los estándares son aplicables en etapa de diseño. Por lo tanto, existe un 91% de edificios existentes con algún grado de deterioro que requieren algún tipo de intervención en su infraestructura y los estándares existentes no se refieren a edificios reacondicionados.

Es así como la educación del país se ha otorgado a lo largo de los años en edificios reacondicionados, construidos previos a la normativa térmica de viviendas y en general, edificios que no cumplen con los estándares mínimos de confort para el programa que albergan.

El objetivo de la presente tesis es abordar la problemática de la rehabilitación energética de los establecimientos educacionales y establecer la brecha de cumplimiento de los estándares existentes en la actualidad, con el objeto de proponer soluciones integrales que sean factibles de ejecutar dentro del marco presupuestario, a través del estudio de un caso de la VIII región del Biobío. La intención es plantear que se puede rehabilitar y hacer más equitativa la educación pública del país.

2.1 Objetivo general

Establecer la brecha de cumplimiento de estándares nacionales de los establecimientos educacionales públicos existentes en la región del Biobío para su rehabilitación energética mediante inversión pública.

2.2. Objetivos específicos

1. Determinar los niveles de cumplimiento de estándares en eficiencia energética de establecimientos educacionales públicos de la Región del Biobío.
2. Analizar la extensión de los estándares de eficiencia energética y su repercusión en los componentes del espacio habitable ya construido de los establecimientos educacionales públicos de la región del Biobío.
3. Evaluar las posibilidades de rehabilitación energética con recursos públicos en todos los estándares de eficiencia energética para un caso representativo de la región del Biobío.

2.3. Preguntas de investigación:

¿Cuál es la brecha de cumplimiento de estándares de Eficiencia Energética de los establecimientos educacionales públicos en relación a establecimientos públicos nuevos, privados nacionales y cuáles son sus posibilidades de rehabilitación energética y ambiental?

¿Cuál es el desempeño de los establecimientos educacionales públicos construidos sin criterios de eficiencia en términos de eficiencia energética y ambiental?

¿Cuál es el estándar de los establecimientos educacionales públicos existentes y nuevos respecto a eficiencia energética y cuáles son sus posibilidades de rehabilitación energética?

¿Se puede rehabilitar energéticamente los establecimientos educacionales públicos con recursos públicos?

¿Cuáles son las alternativas para rehabilitación energética y ambiental de los establecimientos educacionales públicos mediante inversión pública?

¿Cómo podemos rehabilitar los establecimientos para acercarnos al estándar más elevado a nivel nacional?

2.4. Hipótesis

La incorporación de soluciones constructivas orientadas a la rehabilitación energética de alto estándar en establecimientos educacionales públicos de la VIII región pueden ser ejecutadas mediante postulación a los sistemas de inversión pública disponibles en la actualidad.

2.5. Metodología

La metodología a emplear será el **estudio de casos y estrategias combinadas**. Se busca obtener información variada con fuentes como casos reales, entrevistas e investigación relacionada, con el objetivo de realizar la construcción o verificación de teorías sobre la materia (hipótesis) y su potencial resultado. Las soluciones serán planteadas mediante simulación.

Para responder a la hipótesis planteada, se avanzará de la siguiente manera:

Se inicia con la **recopilación de antecedentes sobre los estándares de eficiencia energética** que se aplican a nivel nacional en la edificación de establecimientos educacionales, también se recopila información sobre las fuentes de financiamiento y procedimientos de Rehabilitación energética.

Se organizan los **niveles de eficiencia energética** y se les entrega una clasificación. Una escala, el estándar.

Se escoge un **caso representativo del universo a analizar**, en este caso, establecimientos educacionales públicos de la región del Biobío y se analizan sus soluciones mediante simulación (**Diagnóstico**).

Del **diagnóstico del establecimiento**, se **analizan propuestas** orientadas a cumplir con los estándares nacionales establecidos. Se realiza simulación de las alternativas. (Simulación)

Se realiza un **análisis de las alternativas de propuestas de inversión pública** asociadas a la rehabilitación energética de los establecimientos educacionales públicos.

Se realiza una **evaluación socio-económica** de la distancia existente entre los establecimientos educacionales públicos y los estándares nacionales ya definidos anteriormente.

Se resume sobre **la hipótesis planteada y los objetivos** de la investigación.

Capítulo 3 Marco teórico

3.1. Marco Teórico:

3.1.1 Problemática en la Administración de la Educación Pública

La problemática de la calidad de la infraestructura pública en Educación es la realidad de todas las Municipalidades y a futuro, de todos los centros locales de educación.

Cada Municipio y futuro Centro local de Educación, contará con una Unidad encargada de la mantención y reparación de la Infraestructura de los establecimientos educacionales. Esta situación **genera** un contexto de reparaciones y mantenciones que dependen de la disponibilidad presupuestaria de los gobiernos de turno.

Por tratarse de un contexto que depende de los Municipios y por ende de los respectivos alcaldes, gran parte de los temas de “calidad” de la Educación puede depender de decisiones políticas que no siempre van orientadas a mejorar objetivamente la calidad de la Educación. Así como también, los profesionales a cargo de la Infraestructura educacional, no siempre cuentan con la capacitación adecuada para realizar su función de la manera más óptima, por múltiples razones, ya sea por falta de formación, burocracia, problemas políticos, etc.

Del mismo modo que se depende de los Municipios en términos administrativos, se depende del Gobierno Regional y Ministerio de Educación en términos económicos. Los proyectos de reparación que el Estado ha puesto a disposición a través del Plan Estratégico de Infraestructura, han impactado al 36% de los establecimientos, que cuentan con proyectos de mejoramiento. Sin embargo, gran parte de estos recursos están destinados a mantenciones indispensables en términos de habitabilidad, esto es; cambios de cubierta, cambios de ventanas, mejoramiento de baños y servicios higiénicos, etc.

En ningún caso son proyectos que se refieren a rehabilitación energética, sino más bien, alcanzar un mínimo de habitabilidad.

3.1.2 Contexto local y global: brecha existente en Educación

De acuerdo al estudio realizado por el Banco Interamericano de Desarrollo en el año 2011 centrado en investigar la infraestructura educacional latinoamericana, se plantea que existen múltiples estudios que evidencia que la carencia en infraestructura afecta el desempeño educacional de los estudiantes, ya sea por no contar con los programas (o proyecto educativo) completos asociados a las áreas académicas, servicios, salud, o bien, por no contar con las condiciones de habitabilidad necesarias para albergar educación (confort) (Banco Interamericano de Desarrollo, 2011).

Dentro de este estudio, se indica que la infraestructura escolar de Chile se encuentra entre las más desarrolladas de Latinoamérica, junto con Cuba. Esto, debido a que aproximadamente el 90% de los establecimientos cuentan con sala de computación, agua potable, luz eléctrica y baños en cantidad suficiente.

El 20% de los establecimientos educacionales NO cuenta con laboratorio de ciencias, siendo Chile y Argentina los países con mejores índices en este aspecto (Figura 4).

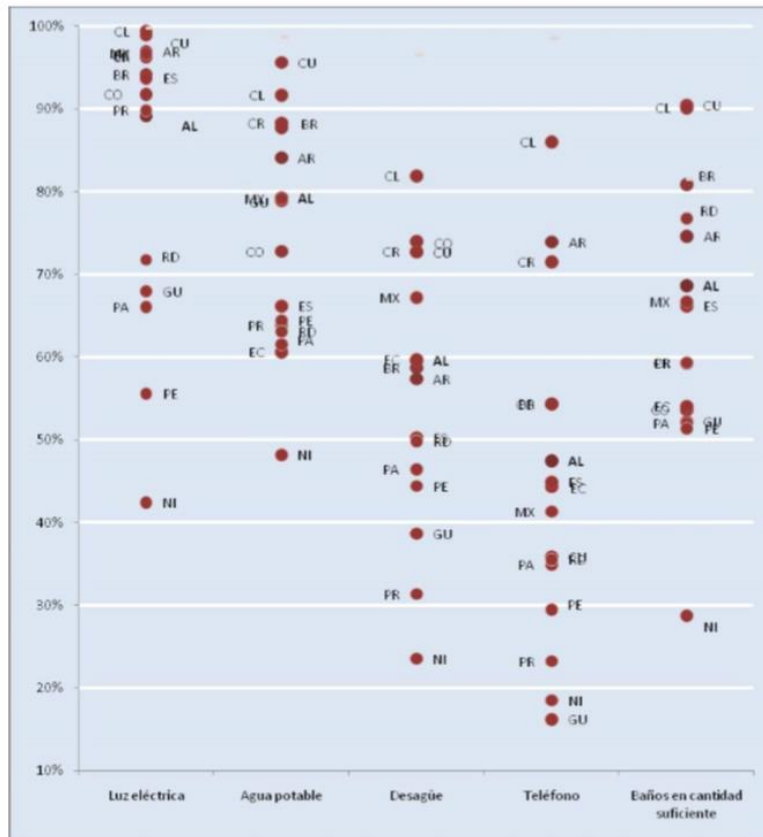


Figura 4. Acceso a servicios públicos en las redes latinoamericanas
Fuente: OREALC/UNESCO, 2017

Del mismo modo, a nivel latinoamericano se observa una brecha en la calidad de la Infraestructura, ya sea para establecimientos educacionales privados, públicos urbanos y públicos rurales, situación que se refleja en el siguiente gráfico:

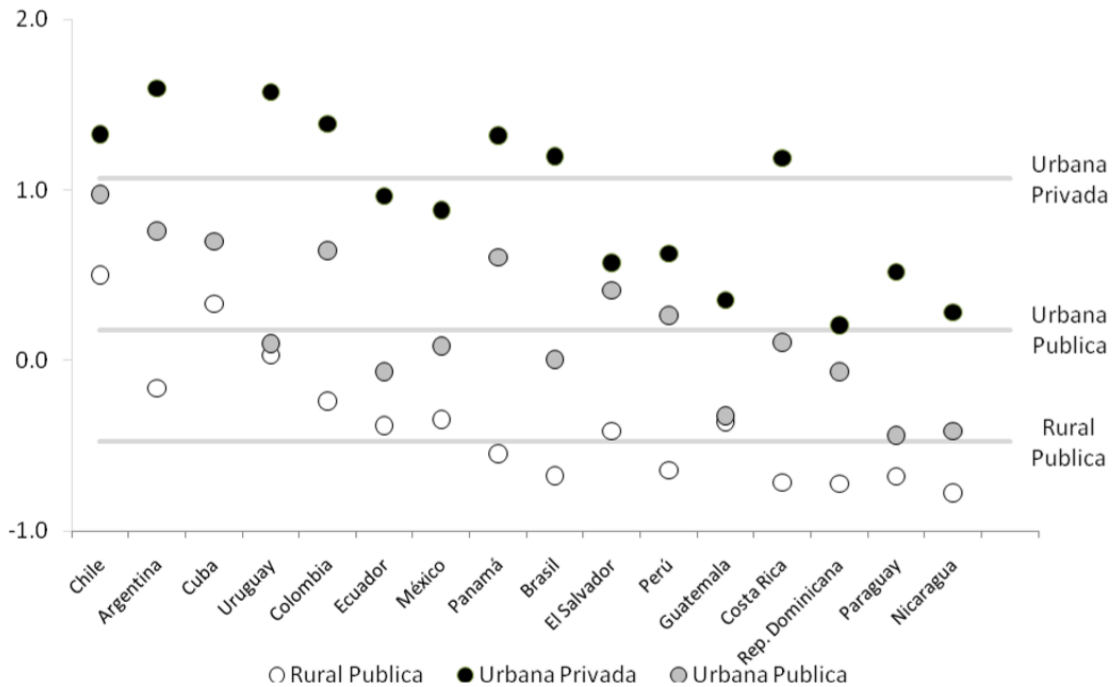


Figura 5.: Infraestructura en áreas académicas en las escuelas latinoamericanas por países (3er grado académico) Fuente: OREALC/UNESCO, 2017

La brecha existente entre los establecimientos rurales y urbanos, en todos los índices sugiere la necesidad de invertir en establecimientos rurales, sin embargo, esta brecha también existe de manera muy marcada entre los establecimientos urbanos públicos y urbanos privados, donde se evidencia la clara existencia de deficiencias a nivel pedagógico y académico, así como también espacios de uso múltiple como gimnasios/auditorios y espacios de apoyo psicopedagógico y enfermería.

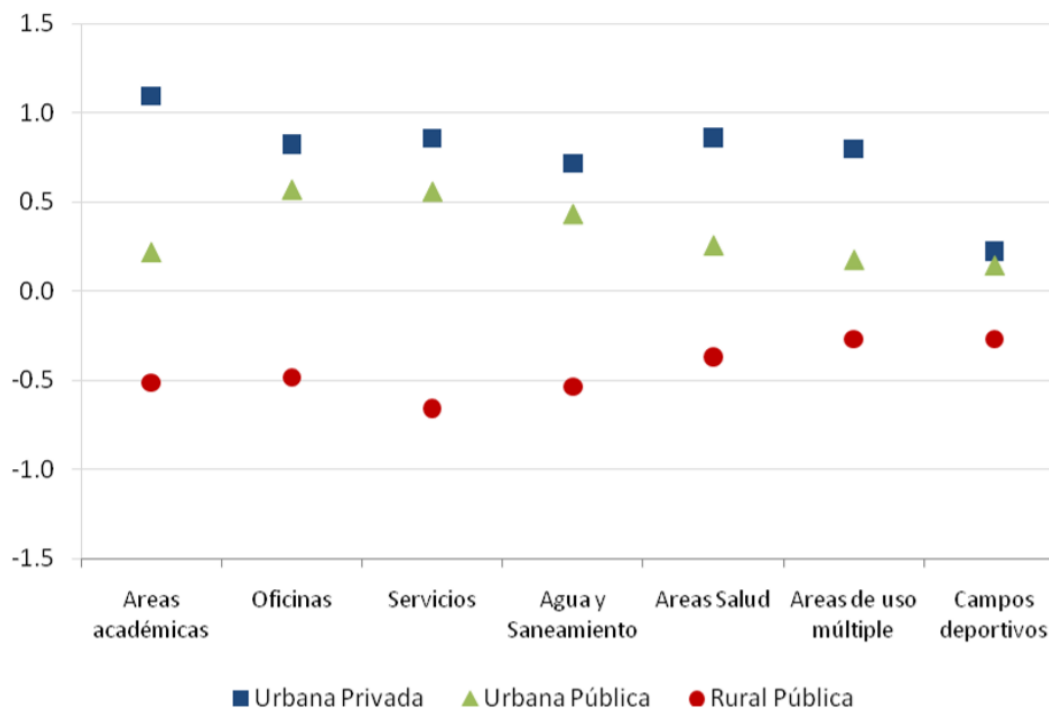


Figura 6.: Brechas en los índices según tipo de escuela y zona geográfica (tercer grado académico) Fuente: OREALC/UNESCO, 2017

En conclusión, se establece que “Ambos estudios sugieren que mejores instalaciones y servicios básicos en las escuelas podrían crear ambientes de enseñanza mucho más propicios para lograr mejores aprendizajes. Estos resultados son importantes porque indican que las inversiones en infraestructura escolar y condiciones físicas básicas no son un lujo sino una necesidad” (Duarte, Gargiulo y Moreno, 2011) y que la brecha existente en Latinoamérica también existe en Chile.

3.1.3 Relevancia de la investigación: La importancia de la Educación en Chile.

Durante el año 2016, el Ministerio de Educación realizó un estudio de las Competencias de adultos (PIAAC) que arrojó resultados muy negativos para nuestro país.

Se analizaron las competencias cognitivas de la población adulta en Chile en razonamiento matemático, comprensión lectora y uso de las TIC, situación que arrojó como resultado que nuestro país se encuentra por debajo del promedio OCDE. Asimismo, se diagnosticó que los adultos en nuestro país solo son medianamente funcionales, ya que no logran comprender lo que hacen, ni resolver problemas asociados.

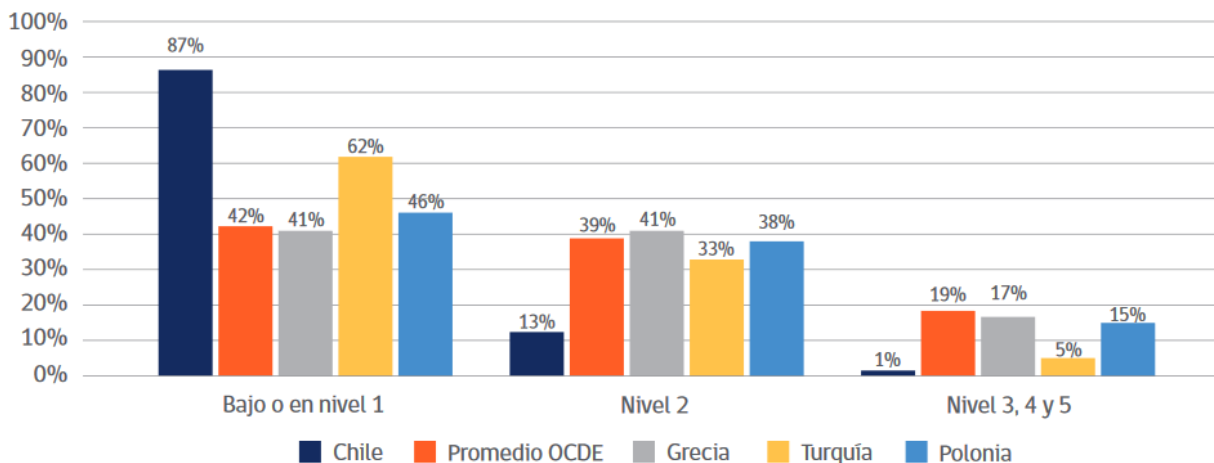


Figura 7.: Desempeño en comprensión de lectura de los adultos con educación media incompleta. Fuente: Centro de estudios MINEDUC, 2016.

En la Figura 7, se muestra el índice más dramático para Chile: El desempeño en comprensión lectora de los adultos con Educación media incompleta asciende a un 87% Bajo y un 13% de nivel 2, lo cual significa que vagamente logran comprender lo que se lee.

Esta situación afecta directamente la productividad en el trabajo de nuestro país, ya que se carece de capacidad para procesar correctamente la información. Esta carencia ha tenido consecuencias fatales, un ejemplo claro, fue la incapacidad para traducir la información entregada por personal del Pacific Tsunami Warning Center (PTWC) al SHOA a la hora de advertir de la existencia del Tsunami en el terremoto del año 2010 (Ramírez y Aliaga, 2012).

Del mismo modo, existe una brecha entre hombres y mujeres, siendo los hombres aquellos con mayor capacidad para el razonamiento matemático (45%), mientras que las mujeres se encuentran por debajo de ese rango (31%).

De esta manera, se logra comprender que la educación en nuestro país no es de calidad, ya que se encuentra por debajo del promedio OCDE (Centro de estudios MINEDUC, 2016), lo que tiene implicancias sobre la productividad a nivel país. En consecuencia, la educación pasa a ser un problema de Estado más que de Gobiernos de turno.

Dentro de todas las variables que afectan la calidad de la Educación, la infraestructura es uno de los factores más importante, ya que afecta directamente el desempeño de los estudiantes. Es así como reducir las brechas en infraestructura educativa pública se vuelve fundamental en el crecimiento del país.

3.1.4 Normativas y estándares

Las normativas, son la aplicación de normas en un contexto determinado. A su vez, una norma es un principio que se impone o se adopta para dirigir la conducta o la correcta realización de una acción o el correcto desarrollo de una actividad. Del mismo modo, un estándar “sirve como modelo, patrón o referencia” (RAE, 2019).

Con respecto a Infraestructura educacional es importante mencionar que solo cuenta con 2 normativas que son obligatorias para diseñar establecimientos educacionales, estos son la Ordenanza General de Urbanismo y construcción y el Decreto Supremo 548.

Ambas normativas, en conjunto norman las condiciones actuales de infraestructura educacional, pero no se refieren a aislación térmica ni acústica.

La OGUC se refiere principalmente a temas de emplazamiento, conectividad, porcentajes de ventilación e iluminación, volumen de aire en salas de clases, laboratorios, biblioteca, etc. También norma la cantidad de m² por alumno para patios cubiertos y abiertos en todas las regiones del país, la cantidad de artefactos sanitarios para alumnos, personal y manipuladoras. Anchos exigibles para pasillos, puertas, escaleras y seguridad de los edificios.

1989	Decreto 548. Ministerio de educación.
1992	DS 47 Ordenanza general de Urbanismo y construcción
1992	Programa de incentivos al acondicionamiento térmico
2000	Primera etapa: Regulación térmica para viviendas (solo cubiertas)
2005	Programa Chile país de Eficiencia Energética
2007	Segunda etapa: Regulación térmica para viviendas (Muros, ventanas y pisos ventilados)
2010	Creación del Ministerio de Energía
2010	Agencia chilena de eficiencia energética
2012	Ley 20.698 (20% de energía con ERNC)
2013	Calificación energética de viviendas
2013	Estrategia nacional de construcción sustentable
2014	Certificación de edificios sustentable
2014	Reglamento Ley 20.571. Agenda energía y Plan estratégico de Infraestructura Educacional 2014-2020
2014	TDR Términos de referencia estandarizados
2015	Energía 2050
2017	Estrategia educacional de energía. Ministerio de energía

Figura 8. Listado de normativas y estándares en Chile. Fuente: Elaboración propia.

El decreto supremo N° 548 norma los recintos educativos, estableciendo un programa arquitectónico por tipo de recinto. Establece una temperatura interior mínima de 12°C para educación básica y media, de 15°C para hogares estudiantiles y educación parvularia. Indica la cantidad mínima de 180 lux y dos renovaciones de aire por hora.

En el año 1992 se inició un programa innovador en la Municipalidad de La Florida que otorgaba incentivos económicos a las viviendas nuevas que consideraran eficiencia energética en sus diseños, producto del diagnóstico de la infraestructura habitacional¹ que indicaba que gran parte de la energía requerida era producto del mal diseño de estas infraestructuras (45% aproximadamente).

Posterior a eso, en el año 2000 se publicó la Reglamentación térmica que incorpora parámetros de aislación en las cubiertas de las viviendas, y cuya segunda etapa entró en vigor en el año 2007 para muros, ventanas y pisos ventilados.

A partir de esa fecha y con la creación del Ministerio de Energía en el año 2010, nuestro país ha iniciado el desarrollo de guías y estándares que buscan mejorar las condiciones de eficiencia de nuestro campo edificado, siendo prioridad las viviendas y edificios públicos. Esto se ha potenciado con la incorporación de Chile a la OCDE en el mismo año, ya que, a través de sus requerimientos y orientaciones, se iniciaron en el país una serie de obligaciones que nos traza un camino al desarrollo limpio.

Para la infraestructura educacional, los compromisos de la OCDE (como la reducción del consumo energético en un 20% para el año 2025), genera un ambiente propicio para la implementación de alternativas de eficiencia, dentro de las cuales destaca la implementación de los Términos de Referencia Estandarizados (TDRe) en el año 2014, donde sus estándares se han vuelto obligatorios para las edificaciones nuevas².

¹ Se diagnosticó que la comuna de La Florida tenía un crecimiento sostenido de viviendas, razón por la cual se consideró viable iniciar con esta comuna el plan. Este fue presentado en el 4° encuentro científico sobre medio ambiente, realizado por Cipma, Valdivia, mayo de 1992.

² Esto se potencia con las normativas de diseño para infraestructura educacional en el año 2015, publicado por el Ministerio de Educación.

Para detallar la normativa de la infraestructura educacional en Chile, el siguiente cuadro indica las principales características de cada norma. Se ha agregado un estándar (referencial) que establece un establecimiento privado urbano de la región del Biobío (Liceo Almondale Valle), de tal modo poder establecer su referencia y comprender las brechas en el análisis comparativo con los establecimientos educacionales públicos. Esta referencia se ha considerado debido a que se trata de un edificio diseñado desde cero con parámetros de eficiencia energética y actualmente funciona de manera óptima.

**Tabla 1. Parámetros de confort visual e iluminación recomendado.
Compilación de niveles normativos.**

Parámetros de confort visual e iluminación recomendado					
	Edificios anteriores	DS 548	Sello	TDRé MOP	Almondale
Niveles de iluminación	*	180 Lux aula	150 a 300 lux	300 lux Min Normado en gran parte de los recintos	Natural con apoyo de sistema artificial mediante sensores
Factor luz día	*	*	2%	2 y 5%	Natural con apoyo de sistema artificial mediante sensores
Uniformidad	*	*	*	> 0,5	Natural con apoyo de sistema artificial mediante sensores
Indice de deslumbramiento	*	*	<22 y <19 Según EN 12464-1	<35% imperceptible	Imperceptible
Vista al exterior	*	*	Sí	*	Sí
Superficie de vanos	Debe existir vanos para considerarse un recinto habitable	14% Norte 17%Centro 20%Sur	8% área del recinto	*	De acuerdo a estudio de iluminación y ventilación
Factor de reflexion paramentos interiores	*	*	*	Cielo:>0,7 Muros:0,5-0,7 Suelos:0,2-0,5 Pizarra clara:0,5-0,7	*

**Tabla 2. Parámetros de confort térmico y propiedades térmicas de la envolvente.
Compilación de niveles normativos.**

Parámetros de confort térmico y propiedades térmicas de la envolvente					
	Edificios anteriores	DS 548	Sello	TDRé MOP	Almondale
Temperatura operativa recomendable	*	Aulas 12°C Parvularia 15°C	ASHRAE 55 EN15251	Invierno Aulas 20°C con calefaccion Aulas pasivas según modelo adaptativo y zona climatica	Temperatura controlada por sensores de ventilación
Transmitancia térmica de la envolvente	*	*	ASHRAE 55 EN15251	Define valores U envolvente según zona climatica	Techumbre:0,21W/m2k Muros:0,67W/m2k pisos:1W/m2k Ventanas DVH:2,5W/m2k

**Tabla 3. Parámetros de permeabilidad al aire.
Compilación de niveles normativos.**

Parámetros de permeabilidad al aire					
	Edificios anteriores	DS 548	Sello	TDRé MOP	Almondale
Permeabilidad al aire de la envolvente a 50pa	*	*	Se deben incorporar sellos en ventanas y elementos de la envolvente	Definida por zona climática.	Hermeticidad controlada por ventilación mecánica
Permeabilidad al aire de los vanos a 100pa	*	*	Se deben incorporar sellos en ventanas y elementos de la envolvente	*	Hermeticidad controlada por ventilación mecánica

**Tabla 4. Parámetros de calidad del aire y ventilación.
Compilación de niveles normativos.**

Parámetros de calidad del aire y ventilación					
	Edificios anteriores	DS 548	Sello	TDRé MOP	Almondale
Superficie mínima de ventana operable	*	8% de la superficie del piso	4% superficie del recinto (los recintos son mas amplios) y con máximo de 8 mts distanciamiento a ventanas	Superficie de apertura variable según zona climática	Sistema mixto, inyección mecánica 3,6 a 4 rah, accionados por timer extracción natural en salas.
Volumen de aire	*	3 m3 por alumno	Altura mínima 2,4 mts	N/A	N/A
Flujo de aire	*	N/A	4% superficie de recinto y 8% en caso de recintos que ventilan a traves de otro recinto	Mayor flujo entre 5 l/s/pp o 0,6 l/s/m2	Sistema mixto, inyección mecánica 3,6 a 4 rah, accionados por timer extracción natural en salas.
Cambios de aire	*	2 achs	4% superficie de recinto y 8% en caso de recintos que ventilan a traves de otro recinto	N/A	Sistema mixto, inyección mecánica 3,6 a 4 rah, accionados por timer extracción natural en salas.
Concentración de CO2 (ppm)	*	N/A	Sugerido: para recintos de alta concentracion de personas (sobre 4m2 por persona)	N/A	Sistema mixto, inyección mecánica 3,6 a 4 rah, accionados por timer extracción natural en salas.
Altura libre interior de las aulas	*	2,2m mínimo	2,4 minimo	N/A	3,2 mts

**Tabla 5. Parámetros de confort acústico.
Compilación de niveles normativos.**

Parámetros de confort acústico					
	Edificios anteriores	DS 548	Sello	TDRé MOP	Almondale
Confort acústico	Niveles de ruido: 20-25 fon	*	Reverberación menor a: 0,6seg<283m3 0,7seg<283-566m3 0,9-1seg>566m3 inteligibilidad de la palabra >0,6seg para aulas, auditorios y similares	Tiempo reverberacion maximo permitido: Aulas y salas de conferencia: 0,7seg / Áreas comunes: 0,9seg /inteligibilidad de la palabra: mayor que 0,6 / Mobiliario y equipamiento: emisiones de ruido no deberán superar NPACE 40 db	Absorventes acusticos en patios y salas de clases. Proporción de la sala de clases, de acuerdo a la dispersión del sonido del "orador"
Aislamiento acústico	Fachada y medianero 35db	*	Aislamiento minimo de 30db - aislamiento acustico entre todos los recintos (excepto areas comunes) de 50db	Ruido aereo:50db ruido al impacto:65db	Absorventes acusticos en patios y salas de clases.

Fuente: Elaboración propia en base a DS548, TDRé 2015, Nueva normativa para edificios educacionales, información folleto resumen Liceo Almondale Valle.

3.1.5 Condiciones normativas de la infraestructura educacional pública de la Región del Biobío.

Los edificios educacionales actuales son de variadas condiciones de infraestructura, existen ejemplares de hormigón armado, albañilerías, madera, modulares, edificios reacondicionados, edificios nuevos, etc. Todos cuentan con condiciones particulares que no reflejan una claridad normativa, puesto que la condición normativa se ha construido a través del tiempo.

Efectivamente, en el sector educación las condiciones normativas son mínimas, la OGUC norma el diseño de edificios educacionales basándose en temas básicos como cantidad de alumnos por recinto, porcentajes de iluminación y ventilación, etc. Esta indicación normativa no se refiere al programa arquitectónico necesario para otorgar servicio de educación.

Gran parte de los establecimientos educacionales públicos han sido construidos anterior al año 1980, razón por la cual no cuentan con condiciones de aislación térmica en muros, cubiertas, pisos, etc. Recientemente las nuevas construcciones deben cumplir con las indicaciones de los TDRé (2015) los cuales norman gran parte de las condiciones de habitabilidad de los nuevos edificios "sello" de la educación pública y que están orientadas al uso eficiente de la energía y el confort higrotérmico.

Con la promulgación de la Ley 5.989 del año 1937 se crea la Sociedad Constructora de establecimientos educacionales, como el organismo técnico, autónomo y responsable de dotar al país de establecimientos escolares y solucionar el déficit existente en aquella época. Se promulgaron leyes que apoyaran el proceso de adquirir terrenos, obtener recursos públicos y privados para continuar con el objetivo planteado.

A partir del año 1954 se inicia un plan de construcción de escuela rurales y suburbanas, para luego del año 1964 comenzar a utilizar sistemas prefabricados de construcción, logrando rapidez en la ejecución de los proyectos.

Todo este proceso se vio influenciado por el Movimiento Moderno presente en el siglo XX, razón por la cual muchas obras construidas en esos años responden a conceptos como habitabilidad, higienismo y racionalidad constructiva. También son edificios masivos, de alta cobertura y matrícula (situación necesaria en aquella época). Se trata de edificaciones sólidas, duraderas, generalmente sismorresistentes, amplias y funcionales.

Parte de ese legado arquitectónico, aquellos establecimientos educacionales de materialidad madera y ejes de estructura metálica (sistema prefabricado de la Sociedad Constructora a partir del año 1964), son reemplazadas por edificios nuevos por haber superado su vida útil y encontrarse en pésimas condiciones de infraestructura.

El resto de los edificios, más bien urbanos (que datan de 1900 a 1970 y construidos bajo postulados modernistas), consisten en edificios de hormigón armado y albañilería, que carecen de aislación térmica y acústica en su mayoría. Como se trata de edificios antiguos, han sido reparados y reacondicionados, se han mejorado sus condiciones en cubierta y reemplazado las ventanas de acero por ventanas de aluminio. En general, se trata de edificios que no cuentan con sistemas centralizados de calefacción y ventilación.

En relación a esto, en el año 2008, junto con el Programa de Mejoramiento de eficiencia energética de edificios públicos, el Ministerio de Economía realizó una auditoría a seis establecimientos educacionales de la VIII y IX región y se verificó su cumplimiento de la normativa de techumbre (en viviendas de Chile) y normativa de muros (según Norma española).

Como resultado, **ningún establecimiento, de los seis analizados, cumplía con la reglamentación térmica chilena ni española (Ministerio de economía, 2008).**

En la Tabla 6 se indican los resultados para los establecimientos analizados:

Tabla 6. Valores de resistencia térmica para colegios en muros y comparación con la normativa española.

Muros, según Norma Española																																																																																																																																				
Establecimiento	Componente de la envolvente	e (m)	λ (W/mK)	R (m ² K/W) calculado	R (m ² K/W) mínimo normado	Estado Normativo																																																																																																																														
Liceo Chiguayante	muro	0,25	0,55	0,455	1,06	No cumple																																																																																																																														
	recubrimiento						Escuela Miguel José Zañartu Sta. María	muro	0,25	1	0,286	1,06	No cumple	recubrimiento	0,05	1,4	Escuela Manzanar Alejo Tascón	muro	0,05	10,14	0,025	1,06	No cumple	recubrimiento	0,001	0,05	Liceo Politécnico Metodista La Granja	muro	0,05	10,14	0,025	1,06	No cumple	recubrimiento	0,001	0,05	Liceo Municipal B-17, Luis Gonzales Vásquez	muro	0,25	0,55	0,490	1,06	No cumple	recubrimiento	0,05	1,4	Centro de Transito y Diagnostico Belén	muro	0,25	0,79	0,352	1,06	No cumple	recubrimiento	0,05	1,4	Techumbre, según Norma Chilena							Establecimiento	Componente de la envolvente	e (m)	λ (W/mK)	R (m ² K/W) calculado	R (m ² K/W) mínimo normado	Estado Normativo	Liceo Chiguayante	P. Yeso Cartón	0,015	0,24	1,88	2,63	No cumple	Aislante L.V.	0,08	0,044	Escuela Miguel José Zañartu Sta. María	Madera	0,01	0,104	1,91	2,63	No cumple	Aislante L.V.	0,08	0,044	Escuela Manzanar Alejo Tascón	Madera	0,01	0,104	0,0961	3,03	No cumple	P. Yeso Cartón	0,015	0,24	1,88	3,03	No cumple	Aislante L.V.	0,08	0,044	Liceo Politécnico Metodista La Granja	Madera	0,01	0,104	1,91	3,03	No cumple	Aislante L.V.	0,08	0,044	Liceo Municipal B-17, Luis Gonzales Vásquez	P. Yeso Cartón	0,015	0,24	2,33	3,03	No cumple	Aislante L.V.	0,1	0,044	Centro de Transito y Diagnostico Belén	P. Yeso Cartón	0,015	0,24	1,88	3,03
Escuela Miguel José Zañartu Sta. María	muro	0,25	1	0,286	1,06	No cumple																																																																																																																														
	recubrimiento	0,05	1,4				Escuela Manzanar Alejo Tascón	muro	0,05	10,14	0,025	1,06	No cumple	recubrimiento	0,001	0,05	Liceo Politécnico Metodista La Granja	muro	0,05	10,14	0,025	1,06	No cumple	recubrimiento	0,001	0,05	Liceo Municipal B-17, Luis Gonzales Vásquez	muro	0,25	0,55	0,490	1,06	No cumple	recubrimiento	0,05	1,4	Centro de Transito y Diagnostico Belén	muro	0,25	0,79	0,352	1,06	No cumple	recubrimiento	0,05	1,4	Techumbre, según Norma Chilena							Establecimiento	Componente de la envolvente	e (m)	λ (W/mK)	R (m ² K/W) calculado	R (m ² K/W) mínimo normado	Estado Normativo	Liceo Chiguayante	P. Yeso Cartón	0,015	0,24	1,88	2,63	No cumple	Aislante L.V.	0,08	0,044	Escuela Miguel José Zañartu Sta. María	Madera	0,01	0,104	1,91	2,63	No cumple	Aislante L.V.	0,08	0,044	Escuela Manzanar Alejo Tascón	Madera	0,01	0,104	0,0961	3,03	No cumple	P. Yeso Cartón	0,015	0,24		1,88	3,03	No cumple	Aislante L.V.	0,08	0,044	Liceo Politécnico Metodista La Granja	Madera	0,01	0,104	1,91	3,03	No cumple	Aislante L.V.	0,08	0,044	Liceo Municipal B-17, Luis Gonzales Vásquez	P. Yeso Cartón	0,015	0,24	2,33	3,03	No cumple	Aislante L.V.	0,1	0,044	Centro de Transito y Diagnostico Belén	P. Yeso Cartón	0,015	0,24	1,88	3,03	No cumple	Aislante L.V.	0,08	0,044					
Escuela Manzanar Alejo Tascón	muro	0,05	10,14	0,025	1,06	No cumple																																																																																																																														
	recubrimiento	0,001	0,05				Liceo Politécnico Metodista La Granja	muro	0,05	10,14	0,025	1,06	No cumple	recubrimiento	0,001	0,05	Liceo Municipal B-17, Luis Gonzales Vásquez	muro	0,25	0,55	0,490	1,06	No cumple	recubrimiento	0,05	1,4	Centro de Transito y Diagnostico Belén	muro	0,25	0,79	0,352	1,06	No cumple	recubrimiento	0,05	1,4	Techumbre, según Norma Chilena							Establecimiento	Componente de la envolvente	e (m)	λ (W/mK)	R (m ² K/W) calculado	R (m ² K/W) mínimo normado	Estado Normativo	Liceo Chiguayante	P. Yeso Cartón	0,015	0,24	1,88	2,63	No cumple	Aislante L.V.	0,08	0,044	Escuela Miguel José Zañartu Sta. María	Madera	0,01	0,104	1,91	2,63	No cumple	Aislante L.V.	0,08	0,044	Escuela Manzanar Alejo Tascón	Madera	0,01	0,104	0,0961	3,03	No cumple	P. Yeso Cartón	0,015	0,24		1,88	3,03	No cumple	Aislante L.V.	0,08	0,044	Liceo Politécnico Metodista La Granja	Madera	0,01	0,104	1,91	3,03	No cumple	Aislante L.V.	0,08	0,044	Liceo Municipal B-17, Luis Gonzales Vásquez	P. Yeso Cartón	0,015	0,24	2,33	3,03	No cumple	Aislante L.V.	0,1	0,044	Centro de Transito y Diagnostico Belén	P. Yeso Cartón	0,015	0,24	1,88	3,03	No cumple	Aislante L.V.	0,08	0,044															
Liceo Politécnico Metodista La Granja	muro	0,05	10,14	0,025	1,06	No cumple																																																																																																																														
	recubrimiento	0,001	0,05				Liceo Municipal B-17, Luis Gonzales Vásquez	muro	0,25	0,55	0,490	1,06	No cumple	recubrimiento	0,05	1,4	Centro de Transito y Diagnostico Belén	muro	0,25	0,79	0,352	1,06	No cumple	recubrimiento	0,05	1,4	Techumbre, según Norma Chilena							Establecimiento	Componente de la envolvente	e (m)	λ (W/mK)	R (m ² K/W) calculado	R (m ² K/W) mínimo normado	Estado Normativo	Liceo Chiguayante	P. Yeso Cartón	0,015	0,24	1,88	2,63	No cumple	Aislante L.V.	0,08	0,044	Escuela Miguel José Zañartu Sta. María	Madera	0,01	0,104	1,91	2,63	No cumple	Aislante L.V.	0,08	0,044	Escuela Manzanar Alejo Tascón	Madera	0,01	0,104	0,0961	3,03	No cumple	P. Yeso Cartón	0,015	0,24		1,88	3,03	No cumple	Aislante L.V.	0,08	0,044	Liceo Politécnico Metodista La Granja	Madera	0,01	0,104	1,91	3,03	No cumple	Aislante L.V.	0,08	0,044	Liceo Municipal B-17, Luis Gonzales Vásquez	P. Yeso Cartón	0,015	0,24	2,33	3,03	No cumple	Aislante L.V.	0,1	0,044	Centro de Transito y Diagnostico Belén	P. Yeso Cartón	0,015	0,24	1,88	3,03	No cumple	Aislante L.V.	0,08	0,044																									
Liceo Municipal B-17, Luis Gonzales Vásquez	muro	0,25	0,55	0,490	1,06	No cumple																																																																																																																														
	recubrimiento	0,05	1,4				Centro de Transito y Diagnostico Belén	muro	0,25	0,79	0,352	1,06	No cumple	recubrimiento	0,05	1,4	Techumbre, según Norma Chilena							Establecimiento	Componente de la envolvente	e (m)	λ (W/mK)	R (m ² K/W) calculado	R (m ² K/W) mínimo normado	Estado Normativo	Liceo Chiguayante	P. Yeso Cartón	0,015	0,24	1,88	2,63	No cumple	Aislante L.V.	0,08	0,044	Escuela Miguel José Zañartu Sta. María	Madera	0,01	0,104	1,91	2,63	No cumple	Aislante L.V.	0,08	0,044	Escuela Manzanar Alejo Tascón	Madera	0,01	0,104	0,0961	3,03	No cumple	P. Yeso Cartón	0,015	0,24		1,88	3,03	No cumple	Aislante L.V.	0,08	0,044	Liceo Politécnico Metodista La Granja	Madera	0,01	0,104	1,91	3,03	No cumple	Aislante L.V.	0,08	0,044	Liceo Municipal B-17, Luis Gonzales Vásquez	P. Yeso Cartón	0,015	0,24	2,33	3,03	No cumple	Aislante L.V.	0,1	0,044	Centro de Transito y Diagnostico Belén	P. Yeso Cartón	0,015	0,24	1,88	3,03	No cumple	Aislante L.V.	0,08	0,044																																			
Centro de Transito y Diagnostico Belén	muro	0,25	0,79	0,352	1,06	No cumple																																																																																																																														
	recubrimiento	0,05	1,4																																																																																																																																	
Techumbre, según Norma Chilena																																																																																																																																				
Establecimiento	Componente de la envolvente	e (m)	λ (W/mK)	R (m ² K/W) calculado	R (m ² K/W) mínimo normado	Estado Normativo																																																																																																																														
Liceo Chiguayante	P. Yeso Cartón	0,015	0,24	1,88	2,63	No cumple																																																																																																																														
	Aislante L.V.	0,08	0,044				Escuela Miguel José Zañartu Sta. María	Madera	0,01	0,104	1,91	2,63	No cumple	Aislante L.V.	0,08	0,044	Escuela Manzanar Alejo Tascón	Madera	0,01	0,104	0,0961	3,03	No cumple	P. Yeso Cartón	0,015	0,24	1,88	3,03	No cumple	Aislante L.V.	0,08	0,044	Liceo Politécnico Metodista La Granja	Madera	0,01	0,104	1,91	3,03	No cumple	Aislante L.V.	0,08	0,044	Liceo Municipal B-17, Luis Gonzales Vásquez	P. Yeso Cartón	0,015	0,24	2,33	3,03	No cumple	Aislante L.V.	0,1	0,044	Centro de Transito y Diagnostico Belén	P. Yeso Cartón	0,015	0,24	1,88	3,03	No cumple	Aislante L.V.	0,08	0,044																																																																						
Escuela Miguel José Zañartu Sta. María	Madera	0,01	0,104	1,91	2,63	No cumple																																																																																																																														
	Aislante L.V.	0,08	0,044				Escuela Manzanar Alejo Tascón	Madera	0,01	0,104	0,0961	3,03	No cumple	P. Yeso Cartón	0,015	0,24		1,88	3,03	No cumple	Aislante L.V.	0,08	0,044	Liceo Politécnico Metodista La Granja	Madera	0,01	0,104	1,91	3,03	No cumple	Aislante L.V.	0,08	0,044	Liceo Municipal B-17, Luis Gonzales Vásquez	P. Yeso Cartón	0,015	0,24	2,33	3,03	No cumple	Aislante L.V.	0,1	0,044	Centro de Transito y Diagnostico Belén	P. Yeso Cartón	0,015	0,24	1,88	3,03	No cumple	Aislante L.V.	0,08	0,044																																																																															
Escuela Manzanar Alejo Tascón	Madera	0,01	0,104	0,0961	3,03	No cumple																																																																																																																														
	P. Yeso Cartón	0,015	0,24	1,88	3,03	No cumple																																																																																																																														
	Aislante L.V.	0,08	0,044				Liceo Politécnico Metodista La Granja	Madera	0,01	0,104	1,91	3,03	No cumple	Aislante L.V.	0,08	0,044	Liceo Municipal B-17, Luis Gonzales Vásquez	P. Yeso Cartón	0,015	0,24	2,33	3,03	No cumple	Aislante L.V.	0,1	0,044	Centro de Transito y Diagnostico Belén	P. Yeso Cartón	0,015	0,24	1,88	3,03	No cumple	Aislante L.V.	0,08	0,044																																																																																																
Liceo Politécnico Metodista La Granja	Madera	0,01	0,104	1,91	3,03	No cumple																																																																																																																														
	Aislante L.V.	0,08	0,044				Liceo Municipal B-17, Luis Gonzales Vásquez	P. Yeso Cartón	0,015	0,24	2,33	3,03	No cumple	Aislante L.V.	0,1	0,044	Centro de Transito y Diagnostico Belén	P. Yeso Cartón	0,015	0,24	1,88	3,03	No cumple	Aislante L.V.	0,08	0,044																																																																																																										
Liceo Municipal B-17, Luis Gonzales Vásquez	P. Yeso Cartón	0,015	0,24	2,33	3,03	No cumple																																																																																																																														
	Aislante L.V.	0,1	0,044				Centro de Transito y Diagnostico Belén	P. Yeso Cartón	0,015	0,24	1,88	3,03	No cumple	Aislante L.V.	0,08	0,044																																																																																																																				
Centro de Transito y Diagnostico Belén	P. Yeso Cartón	0,015	0,24	1,88	3,03	No cumple																																																																																																																														
	Aislante L.V.	0,08	0,044																																																																																																																																	

Fuente: Ministerio de economía, 2008.

Del estudio anterior, se desglosan los siguientes consumos eléctricos para los 6 establecimientos educacionales:

Gráfico 1. Consumo total anual (Kw/año) por establecimientos.

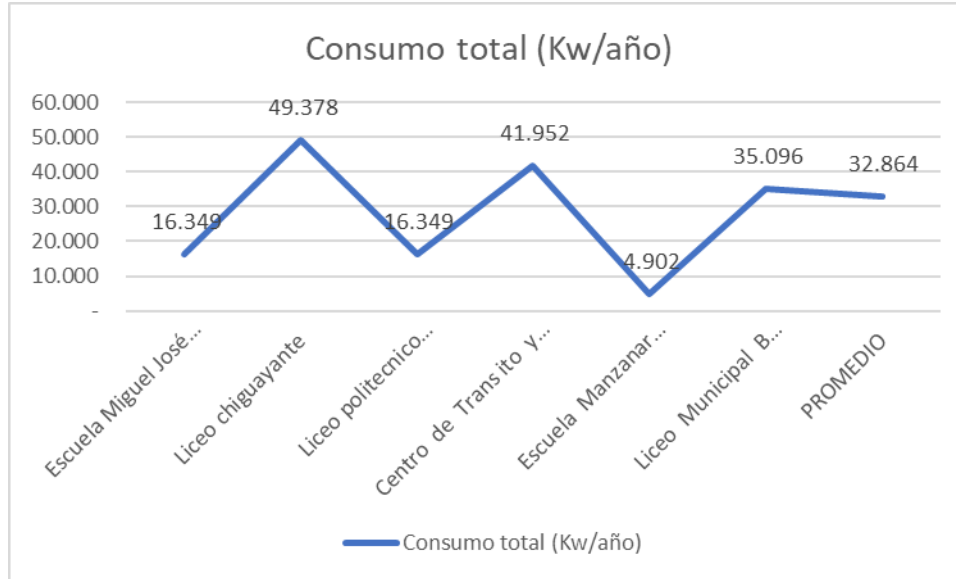
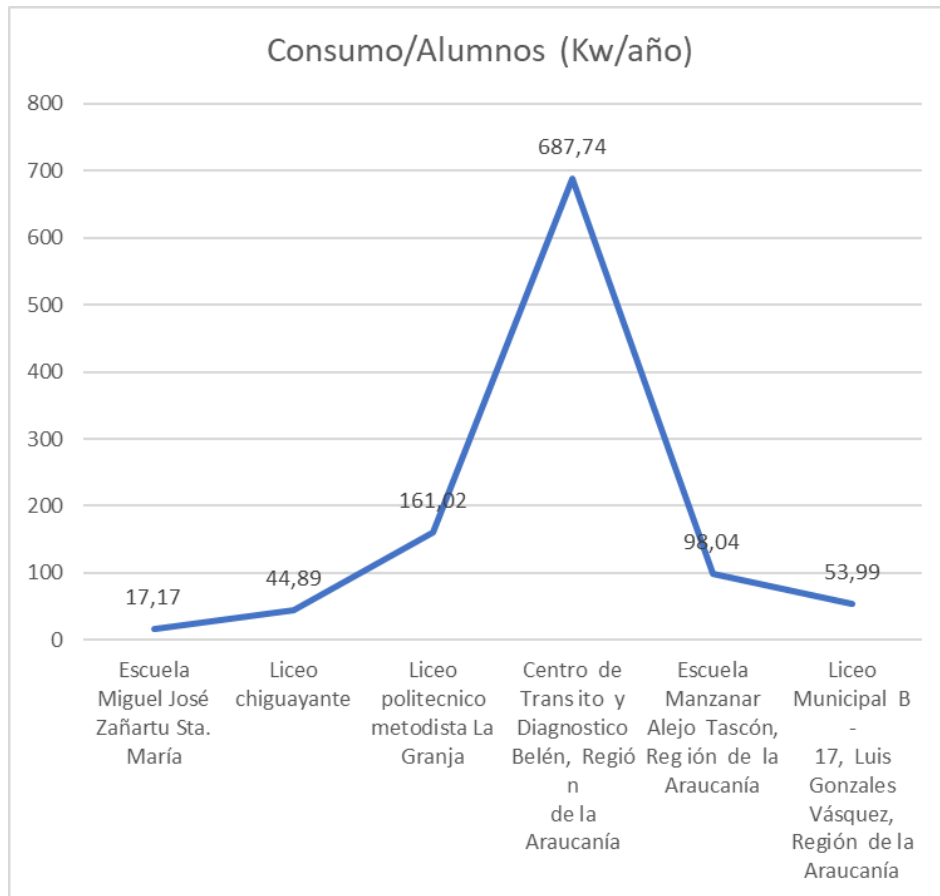


Gráfico 2. Consumo total anual por cantidad de alumnos en establecimientos.



3.2 Rehabilitación energética.

La rehabilitación de edificios nace como una de las alternativas que se evalúan dentro de un proyecto de inversión pública. En general, cuando se trata de edificios antiguos, muy deteriorados o que han superado su vida útil, se postula la idea de la reposición la cual es una inversión y un proyecto más simple. No obstante, la figura de la rehabilitación es una alternativa más económica (máximo de un 30% del valor del inmueble) y más viable y accesible en el tiempo.

En España, en el año 2014 se inició un plan de rehabilitación energética gatillado por el Estado³.

Dicho plan estaba orientado a mejorar el consumo energético del parque edificado, puesto que la edificación tiene un consumo energético final del 31% del total del país; 18,5% recae en la edificación residencial y un 12,5% en el sector no residencial (comercio, servicios y administraciones públicas).

Las alternativas de mejoramiento se propusieron en 3 categorías: su conservación, mejora de la calidad y sostenibilidad (deben intervenir sobre la envolvente del edificio que reduzca la demanda de calefacción y refrigeración en al menos un 30% con respecto al caso base) y ajustes razonables en materia de accesibilidad.

Con respecto a Eficiencia energética de edificios, las actuaciones de este plan se enmarcan en las tipologías; mejora de la eficiencia energética de la envolvente térmica, mejora de la eficiencia energética de las instalaciones térmica y de iluminación, sustitución de energía convencional por biomasa en las instalaciones térmicas y sustitución de energía convencional por energía geotérmica en las instalaciones térmicas (figura 10).

³ Para esto, se basaron en la información recopilada por el Censo anterior.

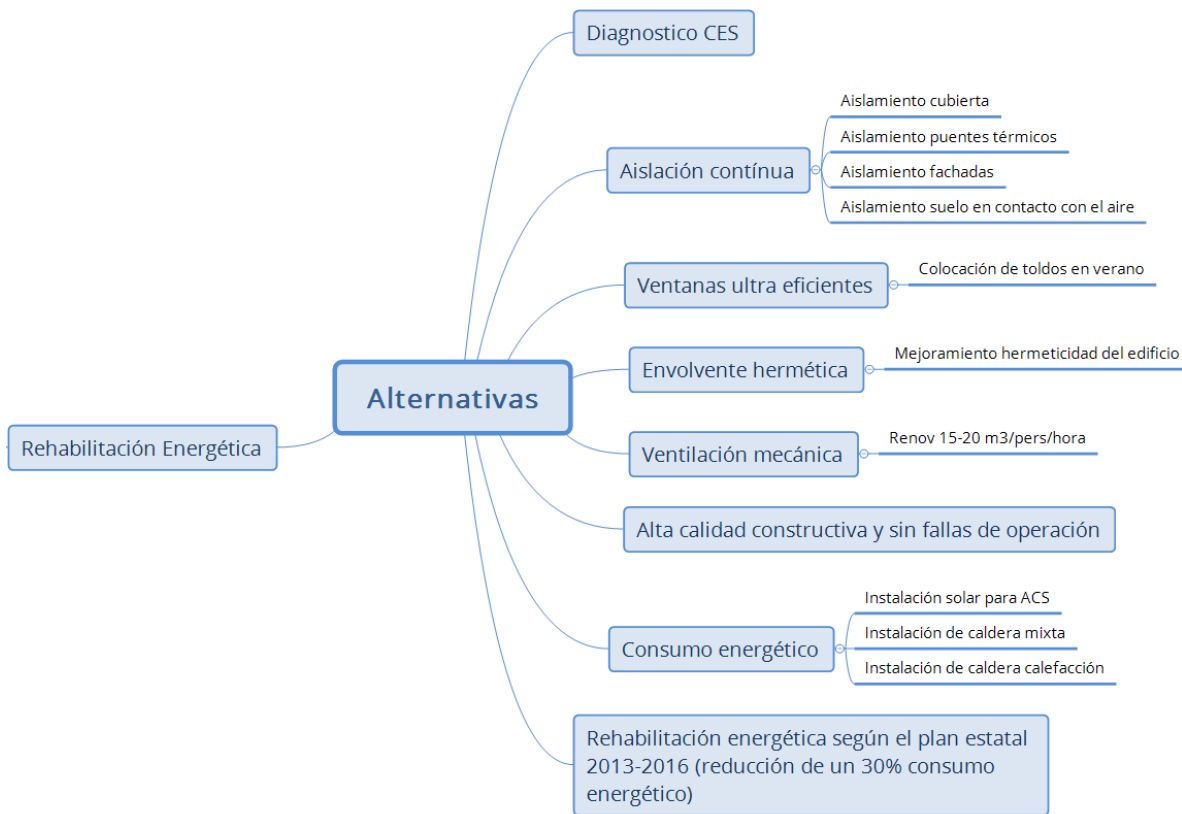


Figura 10.: Síntesis de soluciones técnicas orientadas a la Rehabilitación energética de edificios de vivienda en España.

Del caso de España, se puede desprender que el análisis de la situación parte con un muy buen diagnóstico (realizado en el Censo anterior), y se plantea como finalidad, cumplir con el Plan Estatal que plantea la reducción de un 30% de consumo energético en los edificios habitacionales.

En Chile, existe un plan piloto de rehabilitación energética de viviendas para las viviendas de Aysén desarrollado durante el año 2017, que plantea mejoras como cambios de revestimientos, cambios de ventanas, cambios de cubiertas con aislación, instalación de paneles fotovoltaicos, etc.

Sin embargo, estas iniciativas no se han aplicado para establecimientos educacionales, hasta la hora son planes piloto orientados a viviendas.

3.2.1 Rehabilitación energética de establecimientos educacionales públicos

La rehabilitación energética de establecimientos educacionales no solo se trata de la mejora de un edificio preexistente en términos de su funcionamiento económico, sino que también incorpora el

bienestar de sus habitantes, habitar que es fundamental para la función que desempeñan estos edificios.

3.2.2 Confort ambiental

Cuando nos planteamos la rehabilitación de edificios educacionales públicos existentes, no podemos plantearnos el problema sino desde el punto de vista integral, en general, la realidad económica nos golpea y obliga a priorizar cualquier intervención en pro de una mejora económica.

Dentro de este contexto es que nos planteamos la rehabilitación del establecimiento en diferentes escalas de mejoras, todas asociadas a fuentes de financiamiento.

El confort ambiental se compone de: Confort higrotérmico, confort lumínico, confort acústico y calidad del aire interior.

3.2.3 Confort higrotérmico

El confort higrotérmico en establecimientos educacionales se ha analizado en variadas publicaciones. Existe un consenso generalizado que indica, a mayor bienestar higrotérmico de los estudiantes, mejor es su desempeño en los sistemas nacionales de calificación, los cuales, en el caso de Chile, sería en la prueba SIMCE, PSU, etc.

Sin embargo, no es el único factor que influye en el rendimiento de los estudiantes, sino más bien múltiples factores, tanto físicos, de infraestructura hasta socioculturales.

Lo que sí podemos afirmar, es que aquellos establecimientos educacionales “top” dentro del país cuentan con una infraestructura que asegura el confort ambiental de sus estudiantes y, en consecuencia, también cuentan con mejor rendimiento educacional. Por lo tanto, aquellos establecimientos públicos con una calidad en su infraestructura que apenas se acerca a la normativa actual, solo están funcionando en base a la resiliencia de los estudiantes, quienes tienen una gran capacidad de adaptación, por ejemplo, a las condiciones de temperatura y humedad desfavorables de una sala de clases.

3.2.4 Confort lumínico

El confort lumínico en un establecimiento educacional está directamente relacionado a la capacidad de experimentar favorablemente los diferentes recintos de un establecimiento educacional. En la presente investigación se ha diagnosticado salas de clases con deslumbramiento, bibliotecas con mínima capacidad lumínica o sistemas de iluminación antiguos e ineficientes.

3.2.5 Confort acústico

El confort acústico de un establecimiento educacional tiene gran relevancia cuando observamos que gran parte de la educación que se imparte es “hablada”, por lo tanto, factores como la reverberancia o la inteligibilidad de la palabra, se hacen fundamentales para este tipo de edificios.

3.2.6 Calidad del aire interior

En los edificios educacionales, se requiere que cada aula, taller o biblioteca cuente con un sistema de ventilación que asegure que la concentración de CO₂ se encuentre bajo el estándar de 1000 ppm.

3.2.7 El mandante o sostenedor

El sostenedor de los establecimientos educacionales públicos son los municipios, a futuro serán los centros locales de educación pública.

Cada municipalidad cuenta con un diagnóstico de problemas de infraestructura en sus edificios, los cuales generalmente son desarrollados por funcionarios que no son especialistas en rehabilitación o mantención de edificios educacionales. En general, se trata de cumplir con un mínimo normativo o bien, reparar en pro de llegar a lo requerido en términos de programa.

La educación es vista desde el punto de vista financiero, necesariamente, es un servicio que debe ser sustentable y financiarse, sin embargo, esto no muchas veces ocurre. Por este motivo, es que suceden situaciones como deudas millonarias en las imposiciones previsionales de profesores o asistentes de la educación, “esta situación se ve acentuada cuando los Municipios demuestran carencias de gestión y administración de los recursos disponibles” (Clodinámica consulting, 2017).

Por estos motivos es que los establecimientos educacionales públicos se encuentran en manos de servicios que están estresados o colapsados económicamente, por lo que invertir en ellos, para mejorar el confort de los estudiantes, no es una prioridad.

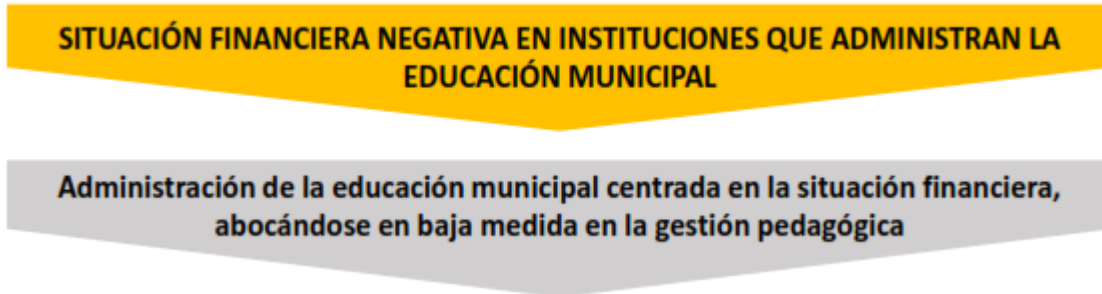


Figura 11. Diagnóstico situación administrativa Educación Municipal.
Fuente: MINEDUC.

Esta situación, como se diagnostica en el informe final FAEP de acuerdo a la Figura 11, genera una administración centrada en la situación financiera y los déficits, más que en la gestión pedagógica que se entrega a los estudiantes. Asimismo, la carencia en la sensación de confort en las salas de clases tampoco es de interés para la administración.

Anualmente, los gastos asociados a los establecimientos educacionales públicos son principalmente los siguientes: locomoción y traslado de alumnos, consumo de gas, consumo de electricidad, mantención de infraestructura, consumo de agua

3.3 Fondos de recursos públicos a postular

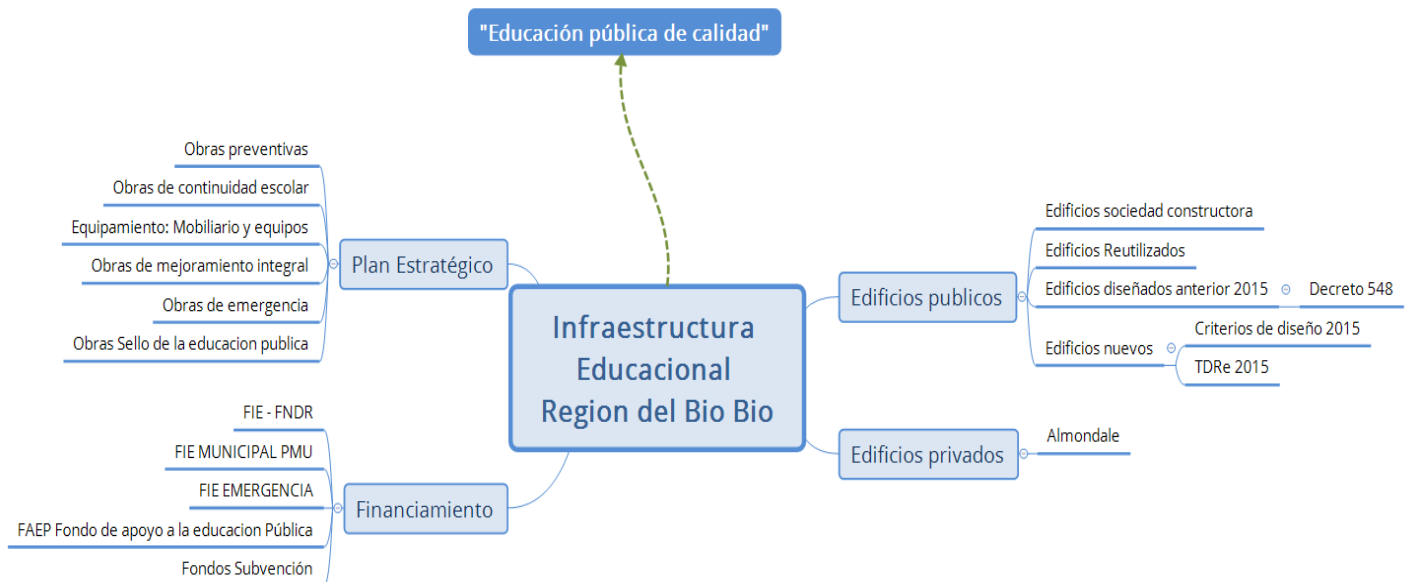


Figura 12. Fuentes de financiamiento disponibles en la actualidad para proyectos de Educación.
Fuente: Elaboración propia

Dentro de este contexto, el Ministerio de Educación y el Gobierno Regional han abierto postulaciones a fondos de reparación y/o mantención de los establecimientos educacionales, los cuales se resumen en la siguiente tabla:

FUENTE DE FINANCIAMIENTO	MONTO LÍMITE	DESCRIPCIÓN GENERAL DEL FONDO	CONDICIÓN
Programa mejoramiento urbano (PMU)	Hasta 60 millones	Se enfoca en dar solución a problemas específicos de infraestructura	A postular
Fondo nacional de desarrollo regional (FNDR)	Altos. En rehabilitación de infraestructura educacional, 30% valor del inmueble.	Se utiliza para reposición y mejoramientos de infraestructura. Se enfoca en dar soluciones integrales y completas.	A postular
Obras preventivas	Hasta 45 millones	Orientado a subsanar problemas de infraestructura que imposibiliten el correcto funcionamiento del edificio	A postular
Obras de continuidad escolar (FNDR)	Sin tope.	Consecuencia de la creación de recintos producto del aumento de matrícula.	A postular
Equipamiento: mobiliario y equipos	Sin tope.	La adquisición de mobiliario va asociada a la creación de nuevos espacios educativos.	A postular
Plan de mejoramiento integral (PMI)	Hasta 216 millones	Se orienta a generar soluciones de infraestructura definitivas para espacios existentes. No se puede aumentar la superficie.	A postular
Obras de emergencia (PMU)	Hasta 60 millones	Plan orientado a subsanar deficiencias de infraestructura producto de emergencias climáticas, sanitarias, etc.	A postular. Sujeto a convocatoria
Obras SELLO educación pública (FNDR)	Sin tope.	Son establecimientos educacionales completos y nuevo, diseñados con los nuevos estándares normativos para educación (2015)	A postular
Subvención: SEP, PIE, Mantención	Valor por estudiante matriculado	Recursos destinados a la gestión y administración de los establecimientos educacionales. Se consideran montos de mantención de los establecimientos, pero son recursos muy limitados.	Administración directa
Fondo de apoyo a la educación pública (FAEP)	Ecuación. Depende de la cantidad de estudiantes, porcentaje de vulnerabilidad del establecimiento, entre otros factores.	Fondo orientado a mejorar la gestión y administración de los establecimientos educacionales. Tiene fondos directos para infraestructura y son de libre disposición, depende de la evaluación del sostenedor.	Administración directa

Tabla 7. Resumen de fuentes de financiamiento
Fuente: Elaboración propia.

Estos fondos de financiamiento se renuevan año a año y todos están orientados a mejorar la infraestructura educacional en distintas magnitudes, desde mantención hasta rehabilitación integral.

De todas las opciones disponibles, los fondos más complejos de obtener son los fondos FNDR, ya que para postular se exige un estudio de red escolar municipal que diagnostica la carencia dentro de un contexto comunal. Muchas veces éste estudio no es realizado por los profesionales municipales, sino más bien por una consultora externa mediante licitación, lo que complejiza la obtención de los fondos. Los fondos más accesibles, son aquellos menores a 216 millones, ya que no requieren estudios adicionales para ser autorizados y financiados. Los recursos que son seguros y traspasados a las administraciones son aquellos indicados en la tabla 7 como de “administración directa”.

Cabe mencionar que estos fondos de recursos se enmarcan en un contexto desfavorable en términos económicos, ya que, si bien los recursos se renuevan año a año, el presupuesto disponible para la glosa de Infraestructura educacional ha disminuido considerablemente a partir del año 2014 (Gráfico 3).

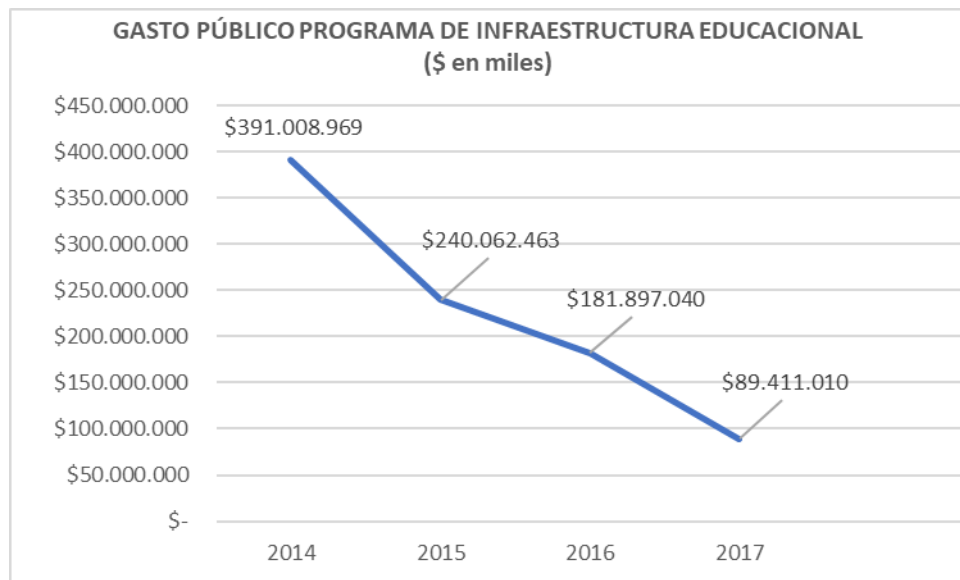


Gráfico 3. Elaboración propia. Fuente: www.dipres.gob.cl

Del mismo modo que el programa de Infraestructura educacional decrece, por el contrario, el gasto público considerado para el programa de Fortalecimiento de la educación escolar pública ha aumentado desde el año 2015 y se ha mantenido (Gráfico 4). Cabe mencionar que el Fondo de apoyo a la Educación pública (FAEP) para el año 2019, ha sido definido en un monto total de 272 mil millones de pesos.

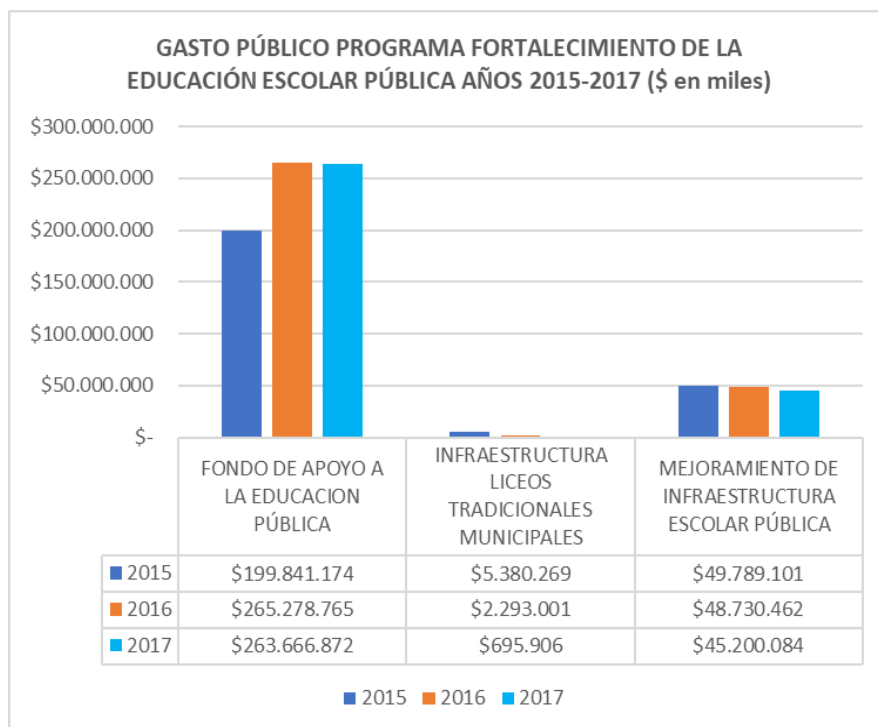


Gráfico 4. Elaboración propia. Fuente: www.dipres.gob.cl

Estos fondos son traspasados directamente a cada Municipio para ser destinados a distintas iniciativas previamente priorizadas por cada entidad. Este fondo es un apoyo económico directo a la infraestructura escolar.

3.4 Estándares de eficiencia energética

A continuación, se presentan diferentes estándares de eficiencia energética. Cada uno de ellos, entrega límites y rangos para cada variable del espacio y entorno del edificio. Estas variaciones en dichos parámetros aplicadas al mismo caso base, nos permitirán observar similitudes y diferencias, así como también, cómo se afecta el espacio habitado.

Dentro de estos estándares de eficiencia, existen aquellos que establecen mediante escalas de puntajes ciertos niveles de certificación, los cuales sirven para comparar las diferencias y niveles de eficiencia entre un edificio y otro.

3.4.1 Certificación CES

La certificación CES se aborda desde los nuevos diseños para establecimientos educacionales gestionados por el MOP. Esto significa que cada establecimiento diseñado posterior al año 2015, deberá cumplir con los parámetros de CES para proceder a su construcción. Todos los edificios son certificados desde su etapa de Diseño, son llamados Edificios SELLO de la educación pública.

La certificación CES si bien cuenta con un grupo de exigencias y recomendaciones, no considera en su diseño las rehabilitaciones de edificios, sino más bien los edificios desde su etapa de diseño.





Escuela Manuel Anabalón



Certificación Edificio Sustentable
www.certificacionsustentable.cl

Nivel logrado:
Edificio Certificado Destacado

Nombre	Escuela Manuel Anabalón
Ubicación	Avenida Alvarado 19147 Punguavil
Destino	Educación
Año construcción	2012
Superficie	4.592m ²
Cliente/Mandante	Corporación Municipal de Punguavil
Genio	Corporación Municipal de Punguavil
Arquitecto	Quilón Arquitectos Consultores
Asesor sustentabilidad y el energético	Pablo Siles
Constructores	Construcción Martín e Hnos Ltda.
Inspección Técnica	DA/MOP

Aspectos Destacados

Arquitectura y Calidad del Ambiente Interior
El diseño de la envolvente del edificio permite un adecuado aporte de luz natural, evitando el deslumbramiento en las salas de clases. Al exterior se suma un buen nivel de vistas al esterior para sus ocupantes, y una muy buena cobertura de las tasas de renovación de aire en base a ventilación natural.

Arquitectura y Energía
Bajos valores de transmitancia térmica, un control de los puentes térmicos, el tamaño controlado y orientación adecuada de las ventanas, y la incorporación de galerías orientadas al norte, permiten disminuir la demanda de energía para climatización en un 40%.

Instalaciones y Calidad del ambiente interior
El sistema de iluminación artificial logra un muy buen nivel de confort visual e incorpora

controles diseñados para integrar la iluminación artificial con la natural.

Instalaciones y Energía
El proyecto de climatización incluye una caldera con un muy buen rendimiento y controles de temperatura en cada recinto, optimizando el desempeño del sistema. Además, cuenta con un sistema solar térmico para el agua caliente sanitaria, y logra disminuir en más de un 20% el requerimiento estimado de energía para iluminación artificial.

Uso de agua
El uso de artefactos sanitarios eficientes junto a sistemas de control automatizado, logran reducir en más de un 10% el consumo estimado de agua potable.

Para CESO desarrollada por:



Proyectada por:



Proyecto apoyado por:




Figura 13. Ficha de Certificación edificio sustentable “Escuela Manuel Anabalón”. Edificio SELLO.
Fuente: www.certificacionedificiosustentable.cl

3.4.2 Calificación energética de viviendas

La calificación energética de viviendas, es una iniciativa impulsada por el Ministerio de vivienda y urbanismo para evaluar la eficiencia energética en las viviendas sociales. Se enfoca y valora el porcentaje de ahorro en consumo energético de una vivienda con el de una vivienda base (normativa térmica 2007). Dicho ahorro se valoriza en porcentaje y se definen los niveles de eficiencia energética:

La Figura 14. Ubicada a continuación, muestra los niveles de Eficiencia energética de las viviendas con respecto a un caso base.

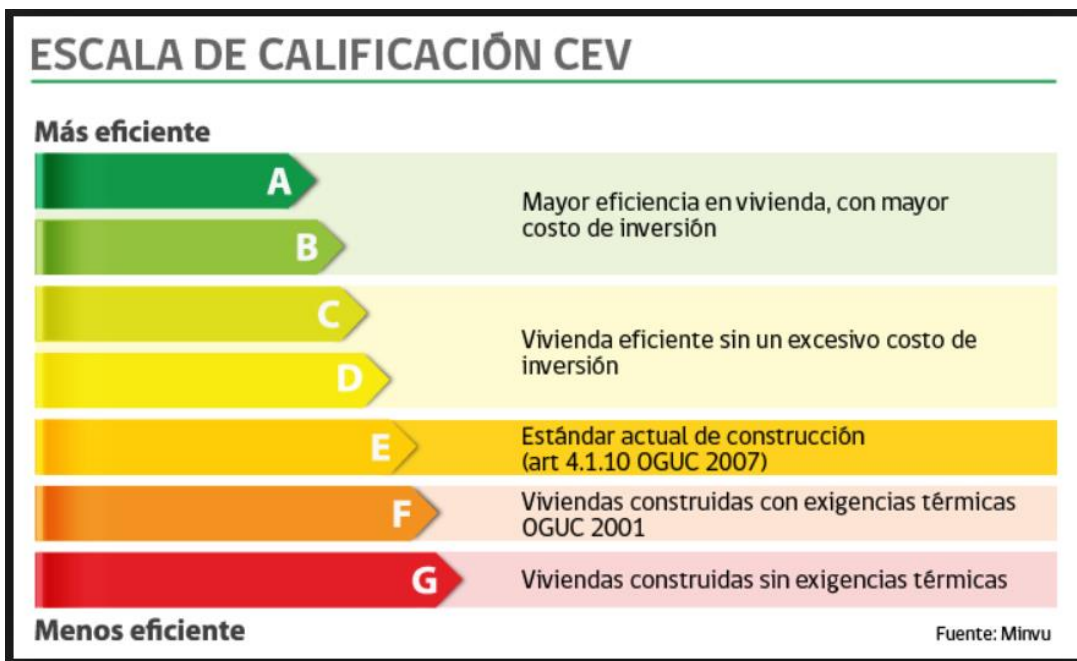


Figura 14. Escala de calificación Certificación energética de viviendas.
Fuente: MINVU

3.4.3 Términos de referencia estandarizados (TDRe) 2015

Los términos de referencia estandarizados, nacen desde la Dirección de Arquitectura del Ministerio de Obras Públicas, con el objeto de mejorar el desempeño energético y ambiental del parque de edificios públicos en Chile.

Se enmarcan dentro de la política energética del país, la cual establece como meta un ahorro del 20% en el consumo energético al año 2025.

La aplicación de los Términos de referencia estandarizados abarca desde la capacitación de los profesionales a su actualización constante (cada 5 años). Razón por la cual es un esfuerzo del Estado para mejorar el parque edificado.

Este estándar propone mínimos y máximos por zona climática para las distintas variables de los espacios habitables, no obstante, no establece una calificación de dicha implementación.

3.4.4 Calificación propuesta

Debido a que en la actualidad no existe un estudio de eficiencia energética en establecimientos educacionales existentes, las opciones de rehabilitación energética tampoco están evaluadas en ninguna escala o estándar. Por este motivo, y para efectos del presente estudio, se propone la siguiente escala de evaluación (Figura 15.), mediante la cual se permitirá evaluar las mejoras de las diferentes opciones y alternativas que se irán evaluando en términos de confort térmico y estrategias de confort lumínico, acústico y calidad del aire interior pasivos o activos:

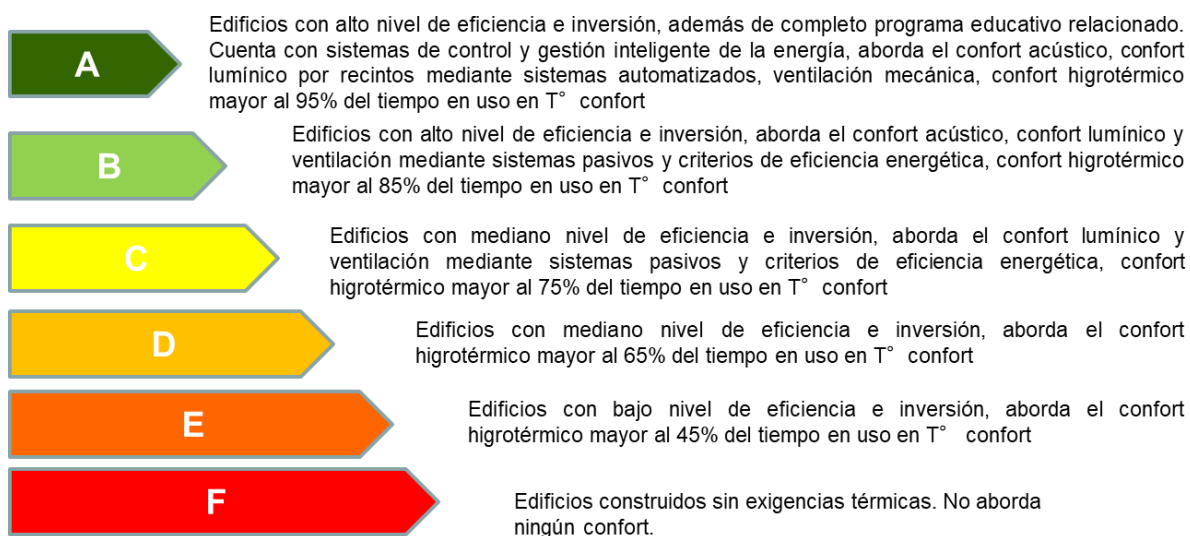


Figura 15. Escala de calificación propuesta. Certificación energética de establecimientos educacionales.

Con esta escala se evalúan mejoras en el comportamiento higrotérmico con respecto al caso base (Confort higrotérmico), sin embargo, es parte del presente estudio evaluar si esta escala de calificación es pertinente al análisis que se realizará.

Capítulo 4 Metodología caso de estudio

Por tratarse de establecimientos educacionales públicos, se trabajará en base a la metodología del Ministerio de Desarrollo Social (que tiene establecido un procedimiento para este tipo de proyectos), sin embargo, se complementará con la simulación de todas las alternativas de rehabilitación, por lo tanto, los resultados serán evaluados también en términos de confort ambiental y consumo energético. Cabe mencionar que en la metodología del MIDESO, se selecciona la alternativa más económica, situación que en el presente estudio no será así, ya que se conjugarán todas las variables antes mencionadas, además de la económica.

Cada alternativa estará evaluada en términos materiales reales, y no serán complejas de replicar en términos técnicos, ya que lo que se busca es rehabilitar en alternativas simples de replicar para la generalidad de establecimientos educacionales públicos de la región.

Luego, se evaluarán sus resultados económicamente mediante un presupuesto estimado y finalmente, se indicarán diferentes líneas de financiamiento para cada alternativa.

Se pretende vislumbrar las dificultades y brechas que presenta este procedimiento y evaluar si es competente para el objetivo del presente estudio.

Es importante mencionar que los Términos de Referencia Estandarizados, solo son aplicables para diseños de edificios nuevos o modificaciones de edificios existentes, con una superficie útil mayor a 1.000 m² donde se renueve más del 50% de sus cerramientos exteriores.

4.1 Definición del caso de estudio

Para definir el caso de estudio, se consideró la totalidad de establecimientos educacionales públicos de la región del Biobío (545 establecimientos). Se establece que todos éstos pudiesen acceder a fuentes de financiamiento para rehabilitación de su infraestructura.

Dentro de este contexto, el establecimiento debe ser importante y representativo para la comuna, es decir, contar una matrícula alta a nivel comunal. Estos establecimientos son representativos de los problemas y deficiencias de infraestructura a nivel comunal (Tabla 8).

Además, un punto relevante, es el año de construcción del edificio que alberga el servicio educativo, estos deben ser establecimientos educacionales construidos anterior al año 1989 (Decreto Supremo 548).

Del estudio realizado y plasmado en la Tabla 8, se logra apreciar que gran parte de los establecimientos de la Región del Biobío fueron construidos posterior al terremoto de 1960, los cuales evidentemente fueron construidos sin normativas de eficiencia energética asociadas.

COMUNAS Y ESTABLECIMIENTOS	Matrícula a máxima comunal	Año construcción	COMUNAS Y ESTABLECIMIENTOS	Matrícula a máxima comunal	Año construcción
San Rosendo			Contulmo		
Isidora Aguirre Tupper	342	1961	Liceo Polivalente Nahuelbuta	405	1984 2017
Concepción			Curanilahue		
Colegio Bicentenario República Del Brasil	1603	2013	Liceo Polivalente Mariano Latorre	1315	2014
Coronel			Los álamos		
Liceo Coronel Antonio Salamanca	1557	1919	Liceo Claudio Flores Soto	720	1977
Chiguayante			Tirúa		
Escuela Básica John F. Kennedy	543	1963	Escuela Eloisa González	357	1888
Florida			Los Ángeles		
Liceo Inés Enríquez Frodden	464	2007	Liceo Los Ángeles A-59	1566	1869
Hualqui			Antuco		
Escuela Manuel Amat Y Juniet	648	1978	Liceo Doctor Víctor Ríos Ruiz	543	1928
Lota			Cabrero		
Liceo Carlos Cousiño Goyenechea	853	1964	Liceo Politécnico General Oscar Bonilla Bradanov	670	1975
Penco			Laja		
Liceo Pencopolitano	614	1967	Liceo Politécnico Héroes De La Concepción	1155	1973 2006
San Pedro de la Paz			Mulchén		
Escuela Miguel José Zanartu Santa María	628	1967	Escuela Básica Mulchén	744	1893
Santa Juana			Nacimiento		

Liceo Nueva Zelandia	451	1944	Liceo Polivalente Municipal De Nacimiento	934	1973 2011
Talcahuano			Negrete		
Liceo Almirante Pedro Espina Ritchie	1172	2004	Liceo Polivalente La Frontera	971	1891 2005
Tomé			Quilaco		
Liceo República Del Ecuador	1040	1967	Instituto Valle Del Sol Quilaco	306	1961
Hualpén			Quilleco		
Colegio Básico Villa Acero	892	1970	Liceo Francisco Bascuñán Guerrero	529	1978
Lebu			Santa Barbara		
Escuela Fresia Graciela Müller Ruiz	1021	1960	Liceo Cardenal Antonio Samore	427	1981
Arauco			Tucapel		
Liceo San Felipe De Arauco	887	2014	Escuela Luis Martínez González	754	1970
Cañete			Yumbel		
Liceo Humanista Científico José De La Cruz Miranda Correa	665	1968	Liceo Técnico Profesional Gonzalo Guglielmi Montiel	420	2007
			Alto BioBío		
			Escuela De Concentración Fronteriza Ralco Alto Biobío	377	1970

Tabla 8. Listado de establecimientos con mayor matrícula y año construcción por comuna, Región del Biobío.

Fuente: Elaboración propia. www.comunidadescolar.cl

Otro factor importante para considerar, son los recursos de subvención (Gráfico 5), ya que, para rehabilitar y mantener en buen estado los establecimientos educacionales, se requiere contar con los recursos para ello. En este caso, se priorizará establecimientos educacionales con bajos recursos de subvención, comparativamente con otras comunas. En consecuencia, estos municipios cuentan con dificultades para la obtención de recursos para mantención de su infraestructura educacional.

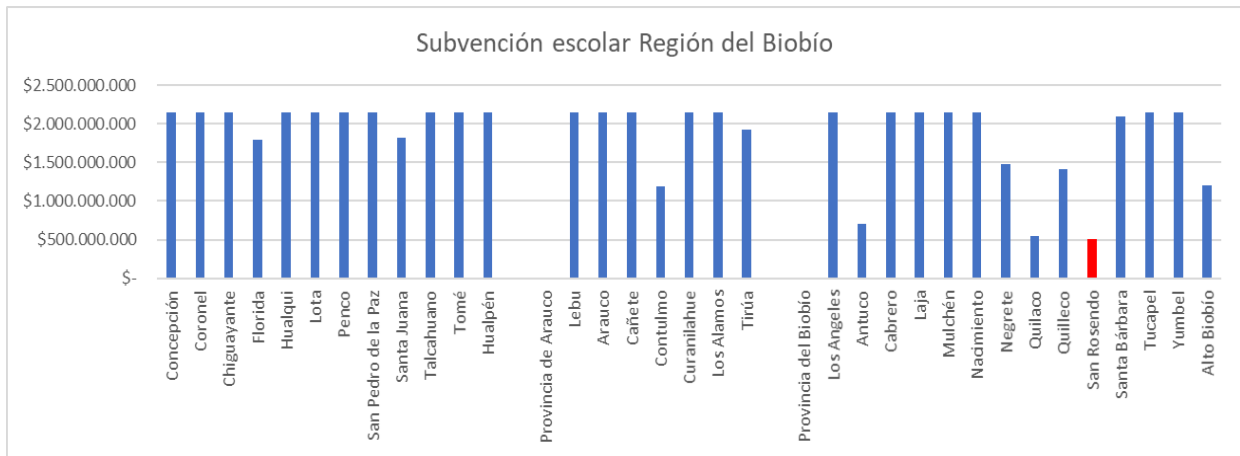


Gráfico 5. Montos de subvención por comuna en la Región del Biobío.
Fuente: Elaboración propia. www.comunidadescolar.cl

Dentro de este universo de establecimientos educacionales, podemos observar que las comunas de Quilaco, Antuco y San Rosendo son aquellas con menores ingresos por conceptos de subvención, así como también estas comunas cuentan con infraestructuras que datan de los años 1961, 1928 y 1961 respectivamente.

Es así como se realizará el estudio del establecimiento educacional Liceo Isidora Aguirre Tupper de la comuna de San Rosendo, el cual cuenta con un edificio que data del año 1961, tiene la tasa más baja de subvención de la Región del Biobío, además de ser el establecimiento más importante de la comuna al presentar la matrícula más alta, sin embargo, presenta distintas necesidades de infraestructura las cuales deben ser abordadas con recursos públicos externos.

Como objetivos a analizar para rehabilitar el edificio, se centrará en la mejora del confort higrotérmico, también en la reducción del consumo energético, prioritariamente. Para luego evaluar una mejora integral, que concentre modificaciones de programa.

Dentro del contexto de reducción del consumo energético, se proponen diferentes soluciones pasivas y activas que se irán evaluando en términos económicos y de eficiencia.

4.2 Características del contexto

San Rosendo es una comuna ubicada en la Región del Biobío y cuenta con una cantidad total de 3.412 habitantes y una superficie 92.4 km².

Se encuentra ubicada entre 2 grandes ríos, el río Laja y el Río Bio Bío.

San Rosendo tiene un pasado glorioso asociado al ferrocarril y actualmente tiene su población en descenso.

Limita con la comuna de Laja, con quien comparte servicios, por lo tanto, se entiende que Laja y San Rosendo son una conurbación.

Ambas comunas cuentan con niveles de infraestructura similar en términos de eficiencia energética y rendimiento académico, sin embargo, Laja cuenta con mejores instalaciones educativas.

Ambas comunas cuentan principalmente con establecimientos educacionales públicos como la principal alternativa para educar, puesto que los establecimientos particulares y particulares subvencionados son muy pocos (2 en Laja, ninguno en San Rosendo). Sin embargo, los establecimientos de educación pública de Laja concentran gran parte de los estudiantes, mientras que en San Rosendo su matrícula desciende año a año.

Se busca entregar una educación de mejor calidad en su infraestructura y así entregar mejores condiciones para estudiar a sus estudiantes. También darle esperanzas a los niños que se quedan en la comuna, puesto que gran parte de ellos emigran hacia otras comunas para obtener una mejor educación.

4.3 Análisis del caso base: Liceo Isidora Aguirre Tupper

Para el análisis de la infraestructura (Figura 16), se considerará una revisión de la condición socioeconómica de la población que alberga el establecimiento, así como también su condición urbana, arquitectónica y energética. Con estos antecedentes se pretende entregar un diagnóstico acotado de las principales características y problemáticas del edificio a rehabilitar.

Posteriormente, se entregarán alternativas reales de solución para rehabilitación y su evaluación económica y temporal.

Figura 16. Esquema de análisis del caso de estudio. Fuente: Elaboración propia.



4.3.1 Condiciones socioeconómicas de la población afectada

El Liceo Isidora Aguirre Tupper de San Rosendo concentra la mayor cantidad de estudiantes de prebásica, básica y media de la comuna de San Rosendo, es el único establecimiento que imparte educación media. Cuenta con la mayor matrícula a nivel comunal, aproximadamente 330 alumnos (Tabla 9) y 60 profesores/asistentes de la educación. Se ubica en la zona urbana de la comuna, pero su alcance es a nivel comunal.

CURSO	HOMBRES	MUJERES	TOTAL
PRE KINDER	3	4	7
KINDER	19	6	25
1º BASICO	9	12	21
2º BASICO	15	18	33
3º BASICO	11	12	23
4º BASICO	17	13	30
5º BASICO	18	11	29
6º BASICO	18	13	31
7º BASICO	18	11	29
8º BASICO	10	12	22
1º MEDIO	16	11	27
2º MEDIO	12	11	23
3º MEDIO	6	8	14
4º MEDIO	12	4	16
TOTAL	184	146	330

Tabla 9. Matrícula año 2018. Fuente: PEI San Rosendo.

Para la administración actual del establecimiento es fundamental fortalecer la educación que se imparte y mejorar la infraestructura del establecimiento que data de más de 50 años.

Como requerimiento principal, se solicita habilitar un sistema de calefacción para las salas de clases, cambios de cubiertas y mejoras de patios.

Si bien los estudiantes del Liceo pueden llegar a adaptarse a ciertas condiciones de temperatura, sobre todo en invierno, hoy existe una clara necesidad por parte de la comunidad escolar de habilitar un sistema que mejore la temperatura de los recintos. Actualmente las salas de clases se calefaccionan con estufas a combustión lenta y salamandras, que son uno de los sistemas más contaminantes y tóxicos que se usan en la actualidad.

En base a estos antecedentes, podemos indicar que el Liceo Isidora Aguirre Tupper no tiene problemas de capacidad del establecimiento, sino más bien, problemas de deficiencia en la calidad del servicio educativo, que si bien puede ser producto de distintos factores, la infraestructura es uno fundamental, por lo tanto, se requiere una rehabilitación de infraestructura.

Sin embargo, los proyectos de infraestructura necesariamente deben ser canalizados por las vías tradicionales de financiamiento de proyectos públicos de educación.

4.3.2 Análisis urbano

Para el análisis urbano se buscan los datos meteorológicos más cercanos a la comuna de San Rosendo, lo cual corresponde al Aeropuerto María Dolores en la ciudad de Los Ángeles (Tabla 10).

Tabla 10. Resumen de información meteorológica comuna de San Rosendo. Fuente: Dirección meteorológica de Chile.

MES	DIA	T. MEDIA	T. MAXIMA	T. MINIMA	V. MEDIA VIENTO	RACHAS MAXIMAS	PRESIÓN MEDIA	LLUVIA
MARZO	21	24,4°C	30°C	14°C	19,2 Km/Hr	--	1014,9 hPa	--
JUNIO	21	6,8°C	9°C	5°C	19,4Km/Hr	--	1008,7 hPa	--
SEPTIEMBRE	21	14,1°C	17°C	8°C	20,4 Km/Hr	--	1023,8 hPa	--
DICIEMBRE	21	22,5°C	27°C	15°C	24,1 Km/Hr	--	1016,2 hPa	--

El clima de San Rosendo es templado, con altas temperaturas en los meses de verano (diciembre a marzo). En invierno la temperatura no es extrema baja, pero sí existen vientos y lluvias constantes durante esos meses.



Figura 17. Imagen aérea de emplazamiento Liceo Isidora Aguirre Tupper.

El establecimiento educacional Liceo Isidora Aguirre Tupper, es uno de los edificios más importantes de la comunidad de San Rosendo en términos urbanos, tal como se logra apreciar en la Figura 17.

Fue construido en el año 1961 bajo los postulados del Modernismo. Es un edificio masivo, funcional y un hito para la comuna de San Rosendo debido a su envergadura y dimensiones.

Se ubica en el centro de la zona urbana, a dos cuadras de la plaza de armas de la comuna, en la calle Vallejos, rodeado de viviendas de 1 y 2 pisos de altura. Es un edificio remate de una calle principal (Vallejos), ya que rompe la ortogonal del sistema tradicional de fundación de asentamientos urbanos de los españoles y también porque a partir de su ubicación comienza a cambiar la pendiente del lugar.

Es un edificio orientado hacia el norte, con relativo asoleamiento de sus fachadas. Hacia el oriente se ubican algunos árboles, pero en general, no es un edificio que cuente con obstáculos visuales en sus alrededores (figura 18).

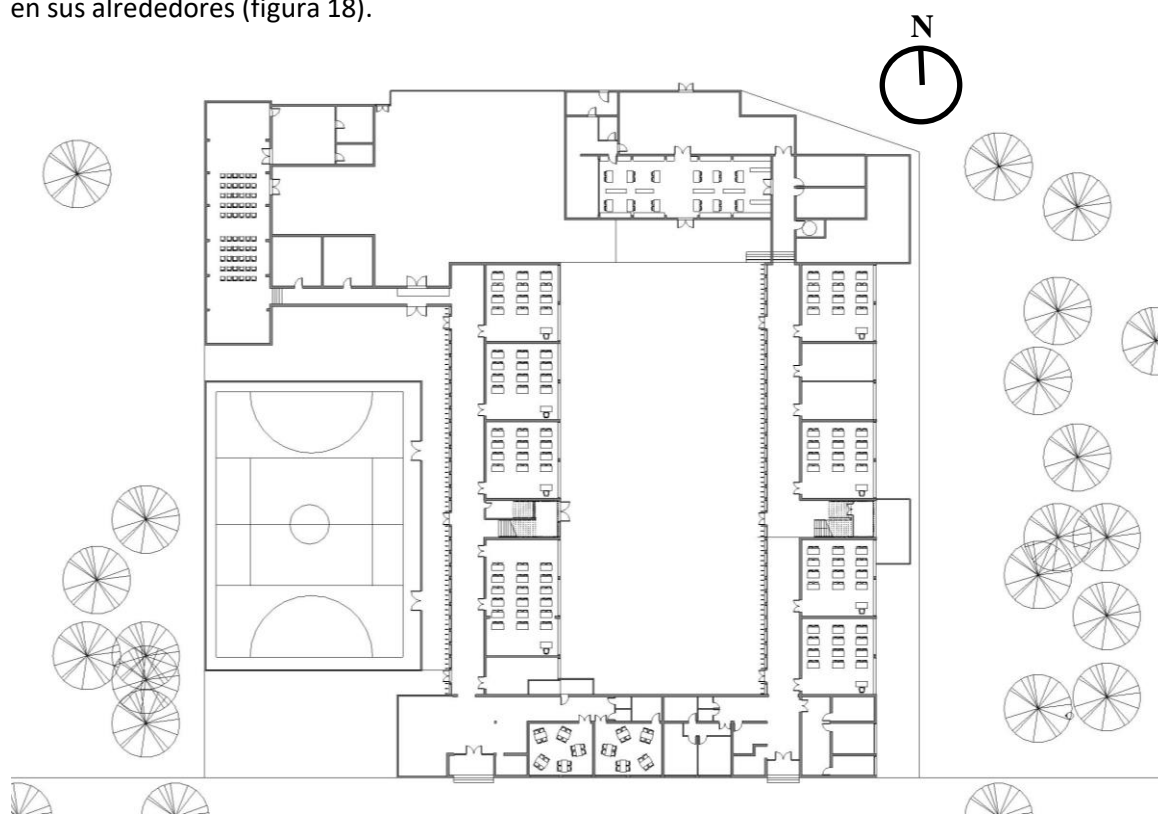


Figura 18. Planta 1er piso establecimiento Liceo Isidora Aguirre Tupper.
Fuente: Elaboración propia.

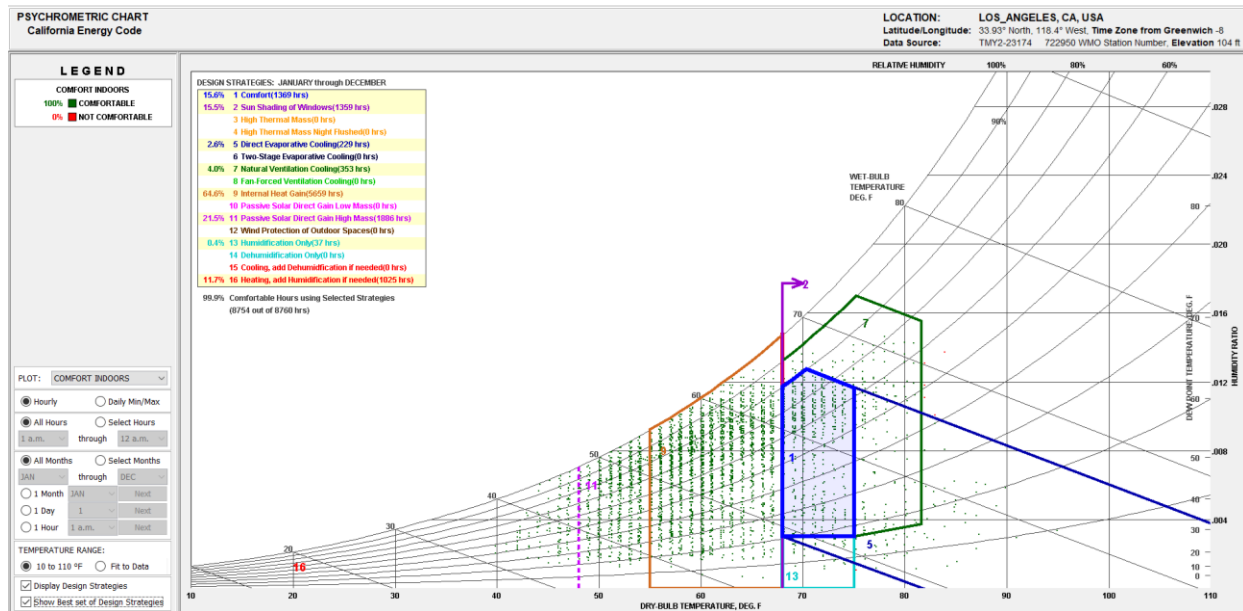


Figura 19. Carta sicométrica para el clima más cercano: Los Ángeles.

De acuerdo con el análisis que entrega el software Climate Consultant, la carta sicométrica (Figura 19), el diseño de estrategias para el período de ocupación del edificio en este clima, deben orientarse a potenciar las ganancias internas del edificio (53.8%), implementación de protecciones solares en ventanas (35.4%), potenciar ganancias solares directas por baja masa térmica (24.6%), principalmente. De este análisis, se obtienen las orientaciones generales recomendadas para el edificio en este clima, las cuales son muy eficientes si se consideran en la etapa de diseño, no obstante, en este estudio se deben implementar en un edificio existente.

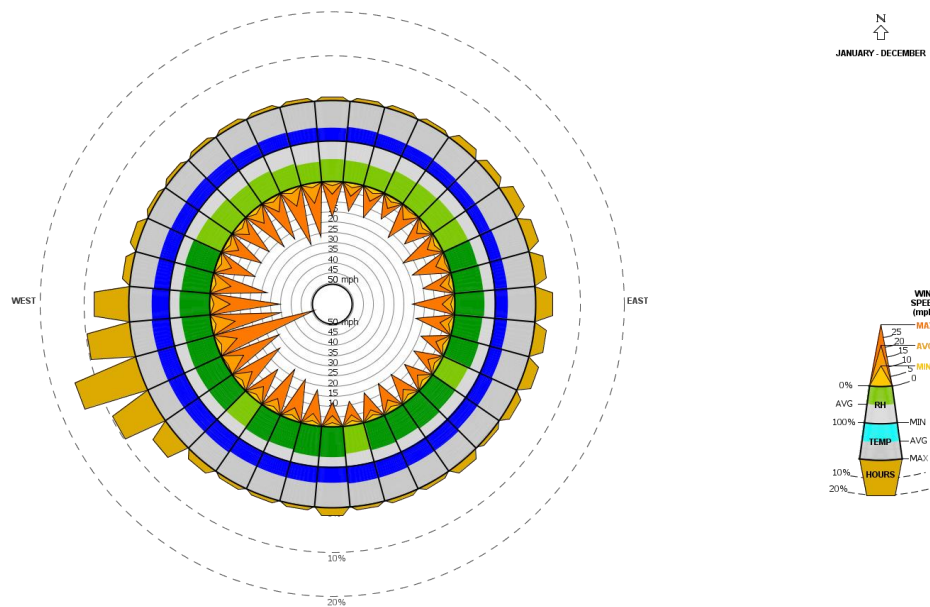


Figura 20. Carta de vientos para Los Ángeles.

Del mismo modo, la carta de vientos (Figura 20) del software Climate Consultant, entrega que los vientos predominantes del lugar provienen del sur-oeste, los cuales pueden ascender a los 50 km/hr y se mantienen durante todo el año.

4.3.3 Análisis arquitectónico

El edificio que alberga al Liceo Isidora Aguirre Tupper consta de una estructura mixta de albañilería confinada y hormigón armado en su estructura principal. Es un edificio con mucha masa, sólido y cuenta con alta inercia térmica.

Los segundos pisos están contruidos en estructura de hormigón armado, albañilería y tabiquerías metálicas con revestimientos livianos. Las cubiertas no cuentan con aislación térmica.

A continuación, en la Tabla 11 se indican los valores de Transmitancia térmica para los cerramientos principales del edificio Liceo Isidora Aguirre Tupper, a partir de este punto, se denomina “Caso Base”.

Tabla 11. Valores de transmitancia térmica para cerramientos Caso Base.

VALORES U PARA CERRAMIENTOS		
MUROS	1,88 w/m ² k	Estuco e= 2.5 cms Albañilería e= 15 cms Estuco e= 2.5 cms
VENTANAS	3,849 w/m ² k	Marco metálico e=0.2 mm Vidrio simple e= 6 mm
CUBIERTAS	0,406 w/m ² k	Zincalum e= 0.35 mm Fieltro asfáltico 15 lbs Cámara de aire altura variable Entablado madera e=2.5 cms
SUELO	3,025 w/m ² k	Radier e= 8 cms Cerámico e= 1 cm

El edificio cuenta con dos niveles, 24 salas de clases y talleres, servicios higiénicos para Educación básica, prebásica y media, comedores, cocina y servicios en general. Cuenta con gimnasio, auditorio, patios, etc.

PRIMER PISO (Figura 22)

El establecimiento cuenta con salas de clases orientadas al oriente (verde) y un pasillo distribuidor hacia la fachada poniente.

La zona administrativa, orientada principalmente al sur (cian).

Hacia el poniente, se ubica el gimnasio, el cual entrega sombras importantes en zonas del establecimiento.



Fuente: Revit 2019. Elaboración propia.

SEGUNDO PISO (Figura 23)

El establecimiento cuenta con salas de clases orientadas al oriente (verde) y un pasillo distribuidor hacia la fachada poniente.

Como articulación, se ubican las escaleras al centro de cada pasillo.

Al final de cada pasillo, se ubica una sala de inspección.



Figura 23. Segundo piso Liceo Isidora Aguirre Tupper.
Fuente: Revit 2019. Elaboración propia.

A continuación, se presentan las elevaciones principales del edificio Liceo Isidora Aguirre Tupper (Figura 24 al 27)

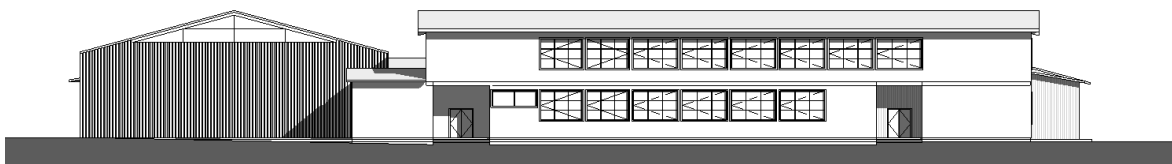


Figura 24. Elevación Sur Liceo Isidora Aguirre Tupper

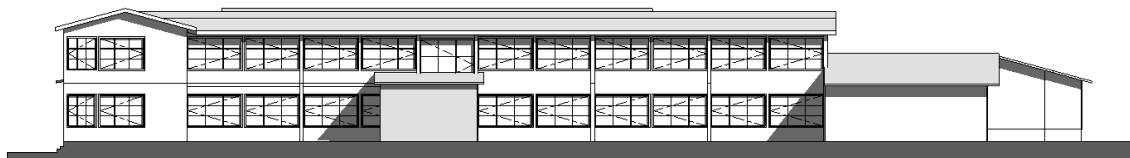


Figura 25. Elevación oriente Liceo Isidora Aguirre Tupper

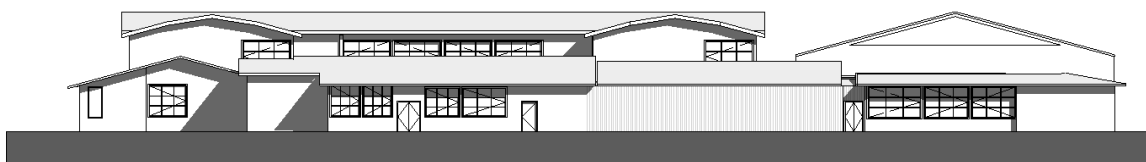


Figura 26. Elevación norte Liceo Isidora Aguirre Tupper

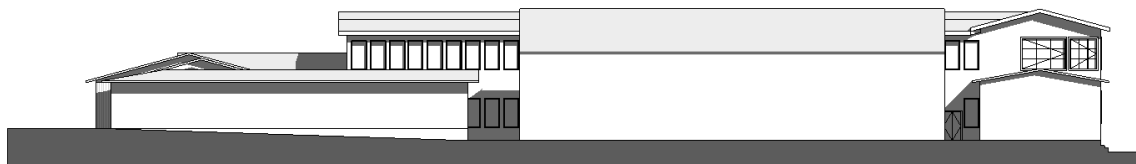


Figura 27. Elevación poniente Liceo Isidora Aguirre Tupper

Cada una de las fachadas cuenta con el mismo tratamiento y revestimientos.

Los pasillos poniente cuentan con puertas metálicas que conectan la zona de las salas de clases con la zona administrativa o con los patios. Estas puertas se encuentran en muy mal estado, por lo cual difícilmente generan una separación de climas.

El establecimiento cuenta con un sistema de calefacción de estufas a combustión lenta, las cuales están ubicadas en salas de clases, comedores y salas de profesores. Este sistema depende de la

disponibilidad de leña que tenga el DAEM de San Rosendo. Cuenta con un consumo aproximado de 50m³ al año.

Este sistema de calefacción contamina el aire interior y genera un ambiente tóxico para el desempeño de los estudiantes. Es importante mencionar que algunas se encuentran en mal estado, por lo tanto, no es posible encenderlas.

Cabe mencionar que el establecimiento cuenta con ventanas metálicas que no son estancas y generan mucha condensación. Así como también importantes infiltraciones en invierno y baja ventilación en verano (las ventanas no se abren).

Dentro del establecimiento, existe recintos que no cuentan con estufa a combustión lenta, razón por la cual obliga a los estudiantes a experimentar las bajas temperaturas, las cuales se acrecientan más aun considerando que este establecimiento cuenta con pocos alumnos por sala (y bajas ganancias solares).

A continuación, se presentan fotografías interiores y exteriores del establecimiento educacional Liceo Isidora Aguirre Tupper (Figura 28).



1. Chimenea en desuso.

2. Pasillo 1er piso.

3. Sala de clases 1er piso.



4. Biblioteca

5. Sala de profesores

6. Escalera



7. Pasillo interior 2do piso.

8. Vista exterior sector patio.

Figura 28. Fotografías interiores de Liceo Isidora Aguirre Tupper.

Las salas de clases no cuentan con ningún sistema que favorezca el confort acústico al interior, por lo tanto, existe una necesidad que, si bien no ha sido planteada por la administración del municipio/Liceo, sí es necesario para rehabilitar los espacios interiores.

El establecimiento, está orientado norte-sur, razón por la cual consigue luz oriente en las salas de clases por las mañanas y luz poniente en los pasillos por la tarde. A mediodía, la luz ya no es directa para las salas de clases, pero sí para otros recintos. La fachada poniente, de pasillo, no cuenta con ningún tratamiento para aminorar los efectos de una iluminación excesiva por esa

fachada, no obstante, las salas de clases, se encuentran resguardadas de esta situación (por estar ubicadas hacia el oriente).

Para realizar un estudio de iluminación natural en las salas de clases, se recurre a la información científica en la página web <http://iluminachile.ubiobio.cl>, en la cual se compilan la frecuencia de tipos de cielos para ciudades representativas de Chile. En el caso de la comuna de San Rosendo, la ciudad más cercana considerada es Concepción, para la cual se indica que cuenta con cielos cubierto e intermedio como predominantes (Figura 29).

Se utilizará el caso “cielo cubierto”, como más desfavorable y recurrente, para efectos del análisis de luminancias e iluminancias.

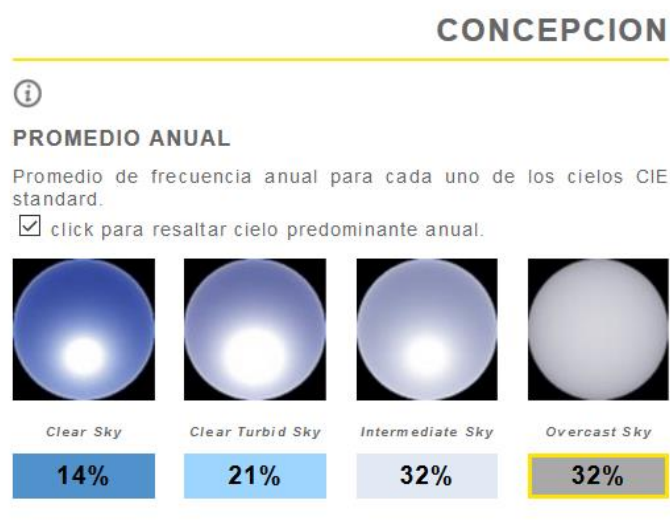


Figura 29. Imagen de cielos predominantes para la ciudad de Concepción.
Fuente: <http://iluminachile.ubiobio.cl/>

4.3.4 Análisis energético

Los establecimientos educacionales públicos son edificios con bajo consumo energético, ya que su requerimiento de energía es básica. Los establecimientos no cuentan con servicios o instalaciones sofisticadas que exijan una mayor capacidad eléctrica, de gas, etc., sino más bien cuentan con instalaciones mínimas y desactualizadas en términos de tecnología.

De acuerdo a la Figura 30 a continuación, se modelará cada una de estas características en el software Design Builder, mediante el cual visualizaremos el comportamiento energético y ambiental térmico del edificio.

El comportamiento lumínico de las salas de clases, se analizarán con el software Velux.

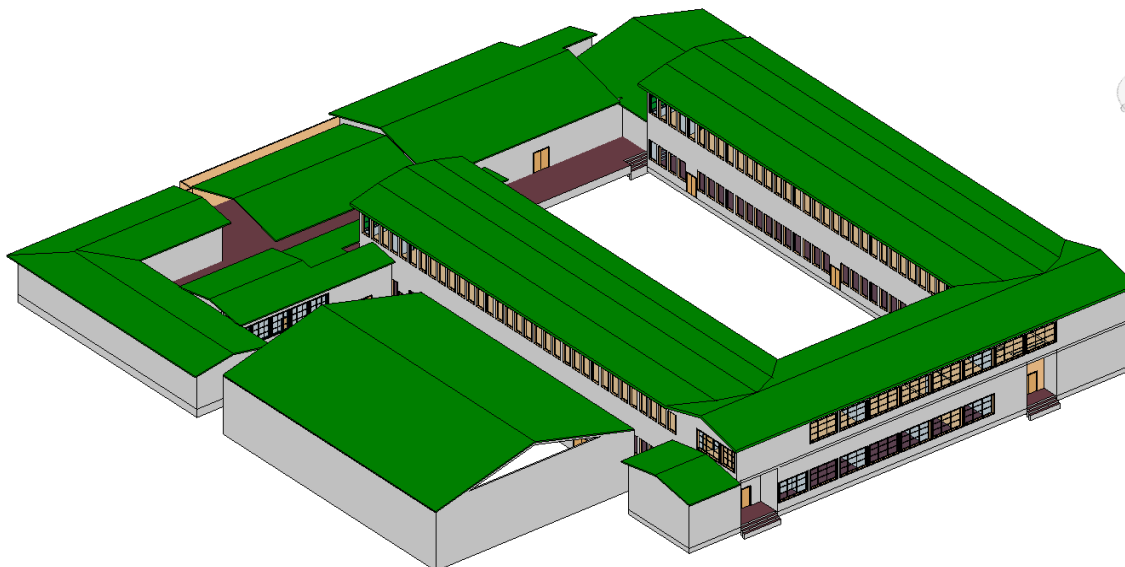


Figura 30. Imagen modelo Liceo Isidora Aguirre Tupper.
Fuente: Revit 2019. Elaboración propia.

Descripción de cerramientos y elementos del edificio (Tabla 12):

Tabla 12. Descripción elementos constructivos del Liceo Isidora Aguirre Tupper.
Elaboración propia.

ELEMENTO CONSTRUCTIVO	SUPERFICIE (m ²)
FACHADA NORTE	990,6
FACHADA ORIENTE	1154,3
FACHADA PONIENTE	1149
FACHADA SUR	866,1
CUBIERTAS	3291,86
PISOS EN CONTACTO CON EL TERRENO	2858,5
SUPERFICIE UTIL	4378
SUPERFICIE CALEFACCIÓN	2047
SUPERFICIE REFRIGERACIÓN	2047
VENTANAS NORTE	143,3
VENTANAS SUR	184,9
VENTANAS PONIENTE	273,18
VENTANAS ORIENTE	330

Condiciones de borde para el Caso Base a analizar:

Parámetros a cargar en software Design Builder para simulación del Caso Base (Tabla 13).

Tabla 13. Condiciones de borde caso base. Elaboración propia.

CONDICIONES DE BORDE - CASO BASE	
Densidad de ocupación	0,089 pers/m ²
Total personas	390 personas
Superficie total modelación	4378 m ²
Factor metabólico	0,75
Computadores	0,5 w/m ²
Carga de iluminación	5,3 w/m ²
Iluminación	92 lux (⁴)
Ventilación	6 rah
Consigna refrigeración	N/A (⁵)
Consigna calefacción	N/A
Horario de uso	Marzo a Diciembre 7,00 a 18,00 hrs
Infiltración n50	12 (l/h) (⁶)

Tabla 14. Consumo energético Liceo Isidora Aguirre Tupper. Elaboración propia.

CONSUMO ENERGÉTICO	
CONSUMO TOTAL/m²	13,56 Kwh/m2
SUPERFICIE TOTAL	4.378 m2
CONSUMO TOTAL	59.365 Kwh

El establecimiento cuenta con un consumo de **13,56 kwh/m2** para una superficie de 4.378 m2 aproximadamente (Tabla 14).

Bajo estos resultados, podemos indicar que efectivamente se trata de un edificio con bajo consumo energético (principalmente en electricidad por iluminación).

Para efectos del presente análisis, se le entrega al edificio Caso Base una calificación F, por tratarse de un edificio construido sin exigencias térmicas.

⁴ Valor derivado de las luminarias existentes.

⁵ No se considera calefacción ni refrigeración porque en la actualidad el establecimiento no cuenta con un sistema regular de calefacción ni refrigeración en los recintos, razón por la cual no es un consumo constante.

⁶ Se considera un valor recomendado de 12 l/h a n50 pascales, de acuerdo a materialidad del edificio.

**Clasificación del edificio: F
(edificio construido sin exigencias térmicas y no aborda ningún confort)**

El principal consumo del edificio se concentra en iluminación interior, ya que el edificio no cuenta con sistemas activos de calefacción o refrigeración.

El sistema de estufas a combustión funciona de acuerdo a la disponibilidad de leña y dicho suministro no es sostenido en el tiempo, por lo tanto, no es una variable regular a evaluar.

La iluminación natural es muy desaprovechada puesto que se generan zonas de sol directo en los estudiantes, por lo tanto, se evita el deslumbramiento con cortinas (Figura 31).



Figura 31. Fotografía interior de aula Liceo Isidora Aguirre Tupper.

Ante esto, podemos observar que el gran problema de estos establecimientos no es el consumo energético, puesto que no hay instalaciones de calefacción o refrigeración que generen grandes consumos energéticos. El principal problema es el confort higrotérmico de sus estudiantes, docentes y asistentes de la educación.

Dentro de este contexto, podemos indicar que la zona de confort para los usuarios correspondiente a la zona climática SUR INTERIOR, es de:

Tabla 15. Rango de temperaturas para confort higrotérmico en invierno y verano clima San Rosendo (Confort adaptativo). Fuente: Nch 1079.

CONFORT HIGROTÉRMICO	
INVIERNO	15.3°C a 22.8°C
VERANO	17.7°C a 25.2°C

Cabe mencionar, que existen estudios que avalan que los estudiantes resisten de mejor manera las bajas temperaturas, por temas de metabolismo, costumbre y uso de las salas de clases, son más tolerantes a las temperaturas bajas, no así a las temperaturas altas (Trebilcock, Soto, Figueroa, Piderit, 2016).

Por este motivo, es que se ha variado la temperatura inferior de confort de los estudiantes en – 2.5°C, mientras que la temperatura alta de confort se ha mantenido en el valor que arroja la fórmula de confort adaptativo (Tabla 16).

Tabla 16. Temperatura inferior de confort adaptativo con variación propuesta

TEMPERATURA INFERIOR CONFORT ADAPTATIVO	VARIACIÓN -2.5°C	
INVIERNO	17.8°C	15.3°C
VERANO	20.2°C	17.7°C

De este planteamiento, se puede indicar que los meses de invierno Junio-Julio, el establecimiento se encuentra un 73,61% del tiempo en uso, bajo los parámetros de temperatura confort (Gráfico 6).

De este porcentaje, un 26,39% del tiempo en uso, el establecimiento se encuentra bajo los 12°C que estipula el Decreto 548 para establecimientos educacionales con niveles prebásico, básico y media.

Gráfico 6. Confort térmico en invierno Caso Base.

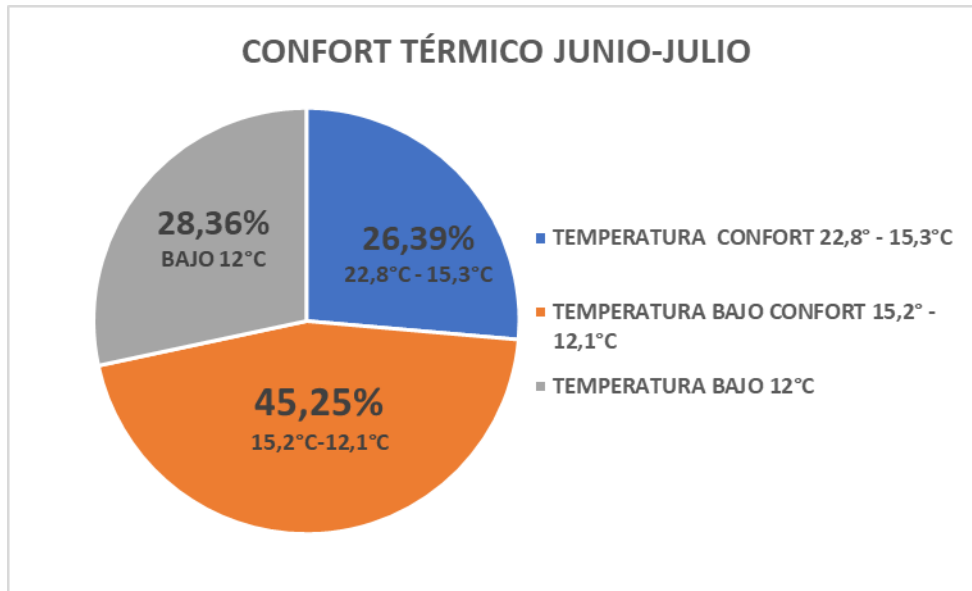
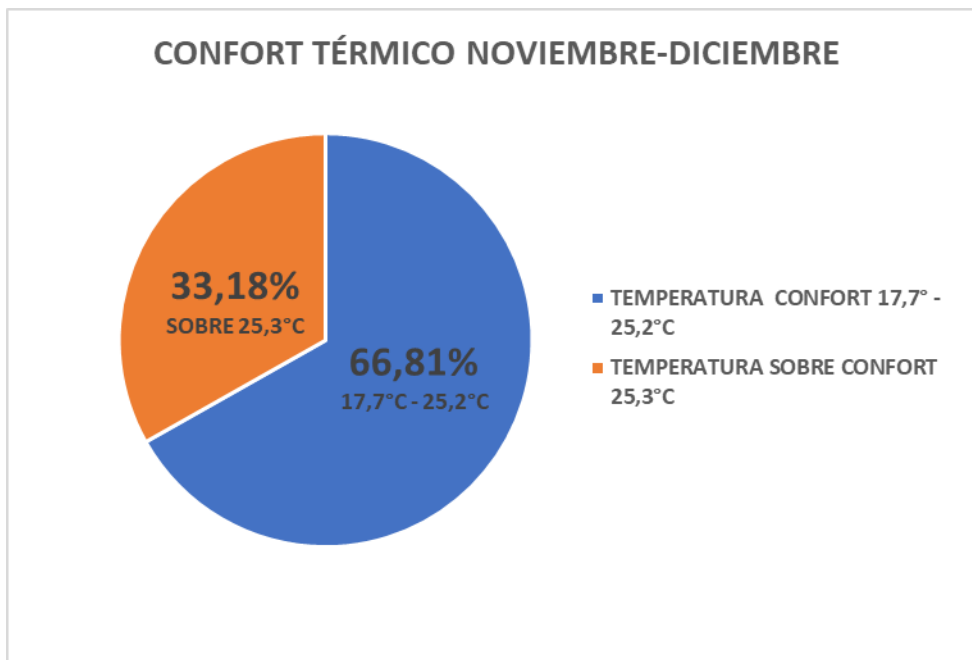


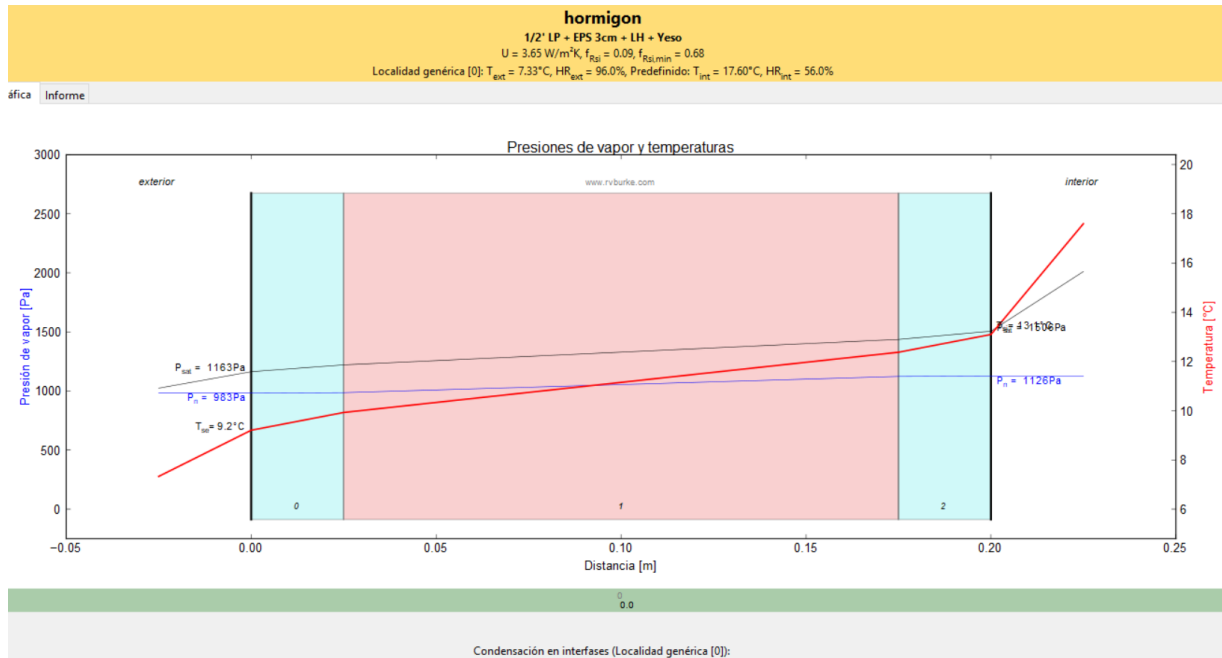
Gráfico 7. Confort térmico en verano Caso Base.



En verano, los meses de noviembre y diciembre, el establecimiento se encuentra un 33,18% del tiempo en uso, sobre los parámetros de confort, llegando incluso a los 29-30°C de temperatura operativa interior (Gráfico 7).

Desde el punto de vista de salubridad ambiental y de acuerdo a lo indicado en la Figura 32, bajo la condición de muro para el caso base, el establecimiento presenta riesgo de condensaciones intersticiales y superficiales al interior de las salas de clases, situación que se suma al diagnóstico deficiente del establecimiento.

Figura 32. Resultados condensaciones en muro.



4.3.5 Análisis lumínico

En un establecimiento educacional, los recintos más importantes por el uso que albergan son las salas de clases, talleres y biblioteca. Estos recintos están normados de diferentes maneras y magnitud, de acuerdo a los diferentes estándares que más adelante se analizarán.

En el análisis del caso base, se ha seleccionado una sala de clases del 1er piso como espacio representativo o **aula tipo del establecimiento**, sala N°17, puesto que todas las salas de clases y talleres son bastante similares en su composición, estructuralmente cuentan con los mismos elementos.

Del análisis de la sala N°17, primer piso, podemos observar que el recinto no recibe la cantidad de luz suficiente para abastecer los 180 lux (parejos) que solicita el nivel normativo del DS548. Por el contrario, existe un acceso de luz descontrolada en los meses de junio y septiembre, situación que hace que los mesones de los estudiantes se iluminen hasta con 900 lux.

La distribución de luminancias es incorrecta, los pupitres cercanos a la ventana se iluminan demasiado y su entorno está oscuro, por lo tanto, podría ser molesto para el confort visual (gráfico 8).

El estudio de luminancias e iluminancias se realiza en base a un cielo nublado, el cual es predominante en la ciudad de San Rosendo (gráfico 8 y 9).

Gráfico 8. Luminancia en sala de clases N°17 anual

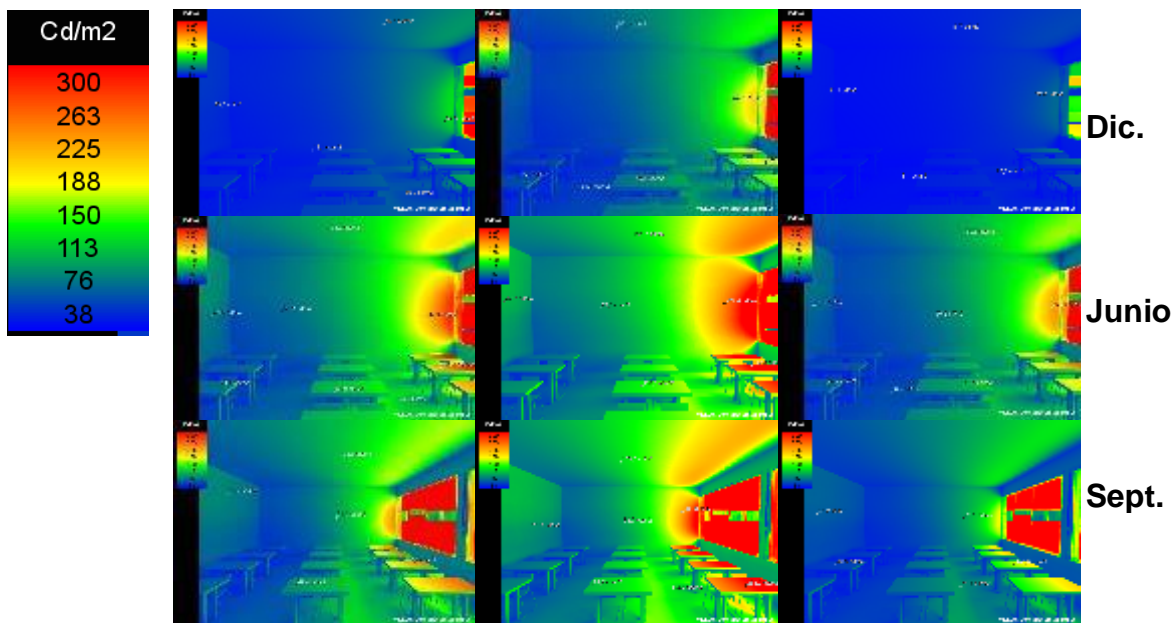
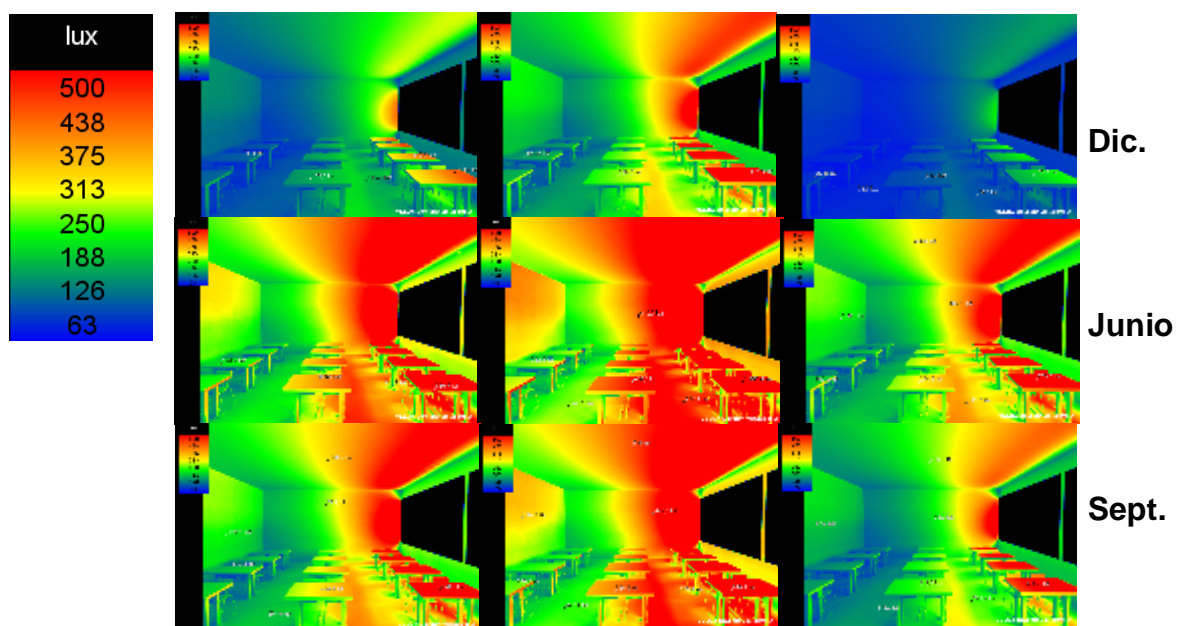


Gráfico 9. Iluminancia en sala de clases N°17 anual

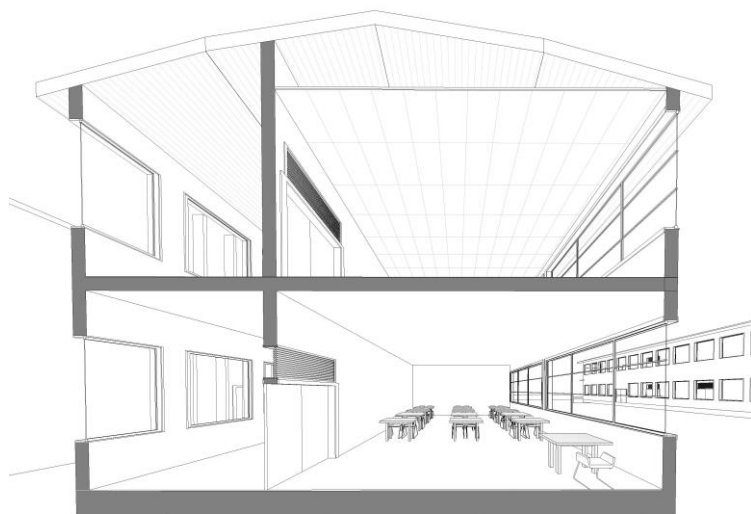
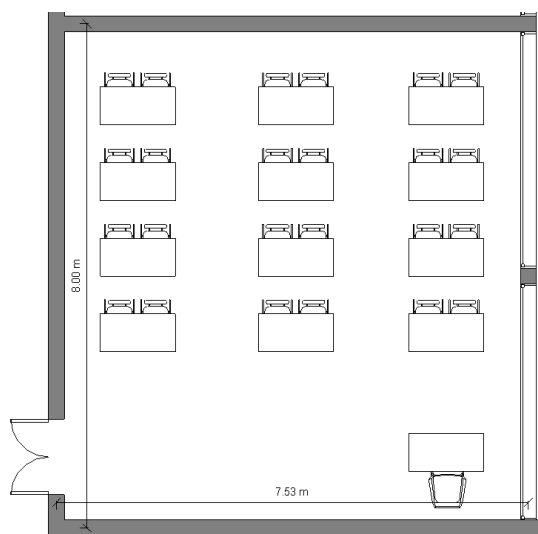


Del estudio de iluminancias para la sala N°17 (gráfico 9), se logra apreciar que existe un descontrolado acceso de la luz natural por las ventanas. La iluminación de los pupitres de la sala de clases no es homogénea, razón por la cual las ubicaciones lejanas a la ventana, en ningún caso cumplen con la iluminación mínima para el programa que se desenvuelve en ese espacio.

Se asume que gran parte de estas falencias lumínicas en la realidad son asumidas por la iluminación artificial.

Sobre las condiciones de la iluminación artificial en las salas de clases, se puede indicar que está compuesta en equipos fluorescentes 2x36 watt, los cuales se encuentran algunos malos o con tubos quemados. Se ubican **4 equipos por sala, lo que equivale a un rendimiento de 92 lux/m²**.

En los pasillos, la iluminación es también con equipos fluorescentes, los cuales se ubican cada 5 metros aprox. Existen recintos que cuentan con muy baja iluminación artificial.



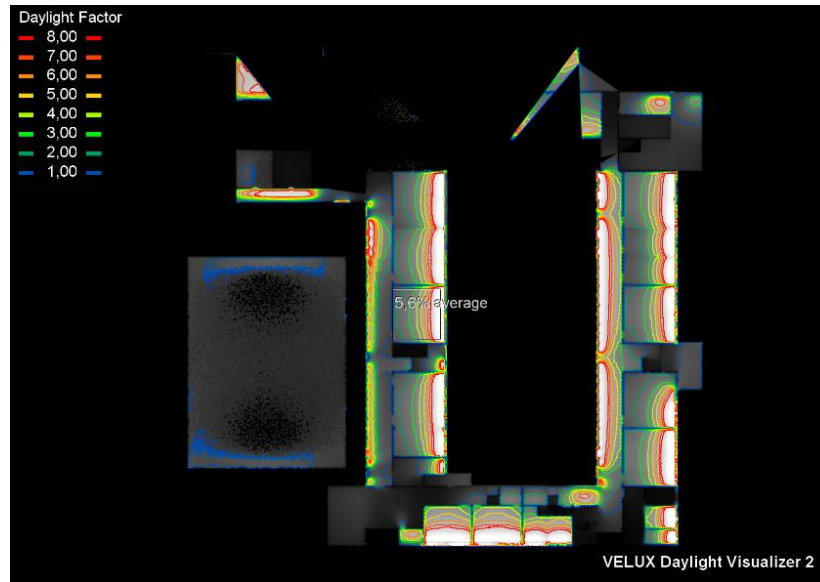


Figura 33. Sala 17: Volumetría y Factor de Luz día.

Del estudio de Factor Luz día para la Sala N°17, se logra apreciar una proporción de 5.6%, lo cual es considerado como aceptable dentro del aula tipo analizada (Figura 33).

En resumen, el caso base presenta un consumo energético muy bajo, principalmente de electricidad para iluminación. Se comporta de manera desfavorable con respecto al confort higrotérmico, presentando altos niveles de discomfort al interior del edificio. Cuenta con lo básico establecido por normativa (DS548) en cuanto a requerimientos de iluminación y ventilación, pero no cumple a cabalidad con estos parámetros debido a las condiciones de las luminarias y ventanas existentes.

Capítulo 5 Diagnóstico general y alternativas

A continuación, se presenta un resumen de la situación del edificio (Tabla 17):

Tabla 17. Resumen estado del edificio Liceo Isidora Aguirre Tupper.

	DESCRIPCIÓN	ESTADO
ESTRUCTURA PRINCIPAL	Edificio de 2 pisos, estructura de albañilería confinada y machones de hormigón armado.	ACEPTABLE
PROGRAMA	El edificio alberga sobradamente el programa del establecimiento, no existe hacinamiento.	ACEPTABLE
SISTEMA CALEFACCIÓN/REFRIGERACIÓN	Calefacción a combustión lenta Sin sistema de refrigeración	DEFICIENTE
ZONIFICACIÓN	El edificio cuenta con pasillos separados por secciones, sin embargo, la calidad de los materiales no permite separar climas dentro del edificio.	INSUFICIENTE
CONFORT HIGROTÉRMICO / CALIDAD DEL AIRE INTERIOR	El edificio cuenta con bajo confort térmico y alta contaminación al interior de los espacios habitables, debido a la instalación de estufas a combustión lenta.	DEFICIENTE
CONFORT ACÚSTICO	El edificio no cuenta con criterios de confort acústico.	DEFICIENTE
CONFORT VISUAL	El edificio no cuenta con criterios de confort visual. Predomina el cielo cubierto (32%)	DEFICIENTE

Se le entrega al establecimiento, una clasificación inicial “F”.

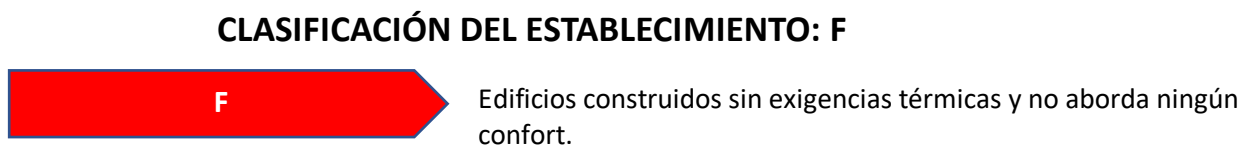


Figura 34. Clasificación propuesta del establecimiento Caso Base.

5.1 Alternativas de mejora en el consumo energético

Para disminuir el consumo energético del establecimiento y sus nuevas instalaciones, se propone habilitar un sistema solar fotovoltaico.

- Proyecto solar fotovoltaico para el establecimiento.

Para mejorar el comportamiento energético del edificio, se propone zonificar o separar los espacios fríos del edificio.

- Zonificación interior del establecimiento

Para evitar la pérdida de calor en cañerías de ACS, se propone aislación de cañerías

- Aislación de cañerías y redes.

5.2 Alternativas de mejora en la sensación de confort

5.2.1 Mejora en el ambiente térmico

El establecimiento educacional público Liceo Isidora Aguirre Tupper, tiene un desempeño energético bajo (insuficientes ganancias y altas pérdidas en invierno, en verano altas ganancias), pero dicho consumo tiene su efecto en el confort térmico de sus habitantes, motivo por el cual hoy es un requerimiento de la comunidad educativa:

- Habilitar un sistema de calefacción y refrigeración eficiente en los espacios de uso

De los antecedentes que el Municipio entrega, se indica que se requiere hacer múltiples mantenciones a sus cubiertas, aislación térmica, cambios de ventanas, etc. En general, el establecimiento adolece de distintas falencias que ya se han vuelto intolerables para la comunidad educativa.

- Cambios de cubierta
- Aislación de muros y cubierta

Del estudio volumétrico del edificio, se indicó que no cuenta con tratamiento de fachadas, motivo por el cual se considera la instalación de celosías estructurales, aleros, etc.

- Instalación de protección solar estructural

Para mejorar la experiencia de los estudiantes, se propone habilitar el sistema de duchas con sistema solar térmico para ACS.

- Habilitación sistema solar térmico para ACS

5.2.2 Alternativas de mejora en la calidad del aire interior

Como se indicó anteriormente, el establecimiento cuenta con un sistema de calefacción a combustión lenta que es muy contaminante para los estudiantes, motivo por el cual aparte de considerar el cambio de sistema de calefacción, también se requiere habilitar un sistema de ventilación en las salas de clases, laboratorios y biblioteca.

- Aislamiento y cambios de ventanas

5.2.3 Alternativas de mejora en la calidad del ambiente lumínico

Del estudio, también se desprende que el establecimiento cuenta con alto asoleamiento debido a su orientación. No obstante, al no contar con tratamiento de fachadas, la luz entra a las salas de clases de forma descontrolada, motivo por el cual se requiere aprovechar la luz natural y habilitar un sistema de iluminación inteligente o diferenciado.

- Aprovechamiento de luz natural/estudio de iluminación artificial

5.2.4 Alternativas de mejora en la calidad del ambiente acústico

Si bien la situación acústica dentro de los espacios educativos no es planteada como un problema, sí se desprende que un ítem importante a la hora de aumentar el confort para la práctica de la educación. Por este motivo, se plantea habilitar un sistema de absorción acústica que posibilite una mayor inteligibilidad de la palabra por parte de los profesores y asistentes de la educación.

Las presentes soluciones, deben ser aplicadas escalonadamente y cumpliendo con lo base requerido por cada estándar. La intención es lograr vislumbrar la brecha económica, energética, social, etc. que existe entre cada nivel de cumplimiento normativo.

Cada alternativa se propondrá para los siguientes niveles ya explicados anteriormente:

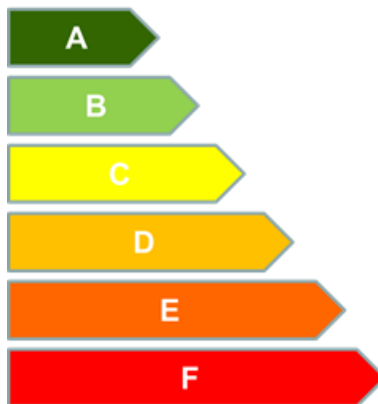


Figura 35. Propuesta de niveles de eficiencia energética.

Capítulo 6 Evaluación y resultados alternativas propuestas

6.1 Mejorar a edificio estándar decreto 548

El caso base ya diagnosticado con una calificación energética F (edificios construidos sin exigencias térmicas y no aborda ningún confort), en esta etapa del estudio será rehabilitado al estándar exigido por el Decreto Supremo 548.

Modificaciones:

- Para asegurar que las aulas tengan una temperatura mínima de 12°C
- Mejora de cubierta, se agrega Poliestireno expandido 20kg/m³.
- Mejora de ventanas metálicas a ventanas de aluminio.
- Mejora de estuco alivianado exterior, e=2.5 cms.
- Asegurar 180 lux mínimo en salas de clases
- Modificación de ventanas metálicas a ventanas de aluminio.
- Reparación sistema de iluminación artificial existente
- Habilitar ventanas de ventilación en salas de clases (8% de superficie de sala)
- Modificación de ventanas metálicas a ventanas de aluminio
- Asegurar 2 renovaciones de aire por hora
- Modificación de ventanas

A continuación, se presentan imágenes referenciales de las soluciones constructivas propuestas (Figura 36), sus detalles (Tabla 18) y sus respectivos valores de transmitancia térmica (Tabla 19):

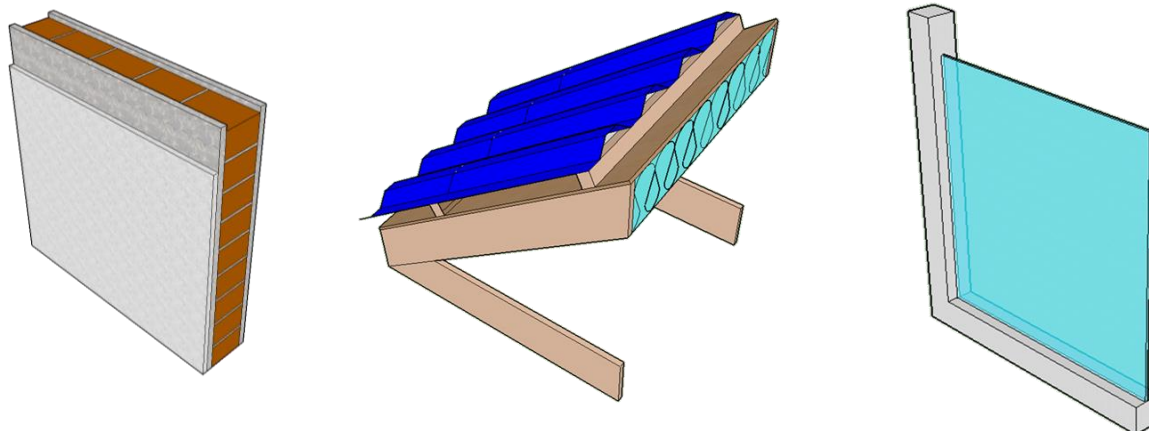


Figura 36. Soluciones constructivas Caso rehabilitado a DS548.

Tabla 18. Soluciones constructivas muro, cubierta, ventanas exteriores. Espesores y materialidades.

MURO		CUBIERTA		VENTANAS EXTERIORES	
ESTUCO	e= 2,5 cms	ZINC + FIELTRO	e=0,35 cms	VENTANA	e=0,3 cms
ALBAÑILERÍA	e= 15 cms	POLIESTIRENO EXPANDIDO 10KG/M3	e= 10 cms	ALUMINIO VIDRIO SIMPLE	e=0,6 cms
ESTUCO	e= 2,5 cms	ENTABLADO MADERA	e= 2,5 cms		
ESTUCO LIVIANO	e= 2 cms				

Tabla 19. Valores de transmitancia térmica para cerramientos Caso mejorado a D.S. 548.

VALORES U PARA CERRAMIENTOS MEJORA A D.S. 548		
MUROS	1,317 w/m ² k	Estuco e= 2.5 cms Albañilería e= 15 cms Estuco e= 2,5 cms Estuco liviano e= 2 cms
VENTANAS	3,795 w/m ² k	Marco aluminio e=0,3 cm Vidrio simple e= 0,6 cm
CUBIERTAS	0,370 w/m ² k	Zincalum e= 0,35 mm Filtro asfáltico 15 lbs Poliestireno exp. 10kg/m ³ e=10 cms Entablado madera e=2,5 cms
SUELO	3,025 w/m ² k	Radier e= 8 cms Cerámico e= 1 cm

Carga de datos para Design Builder (Tabla 20):

Tabla 20. Condiciones de borde para el caso mejorado a estándar D.S. 548

CONDICIONES DE BORDE - DS 548	
Densidad de ocupación	0,089 pers/m ²
Total personas	390 personas
Superficie total modelación	4378 m ²
Factor metabólico	0,75
Computadores	0,5 w/m ²
Carga de iluminación	9 w/m ² ⁽⁷⁾
Iluminación	180 lux ⁽⁸⁾
Ventilación	2 rah
Consigna refrigeración	N/A
Consigna calefacción	N/A ⁽⁹⁾
Horario de uso	Marzo a Diciembre 7,00 a 18,00 hrs
Infiltración n50	10 (l/h) ⁽¹⁰⁾

Resultado consumo energético establecimiento rehabilitado con las soluciones indicadas (Tabla 21). No se considera calefacción ni refrigeración puesto que se ha planteado la simulación en la situación más desfavorable y porque en la realidad no hay sistemas regulares habilitados.

Tabla 21. Consumo energético establecimiento rehabilitado a DS548

CONSUMO ENERGÉTICO	
CONSUMO TOTAL/m²	23,73 Kwh/m ²
SUPERFICIE TOTAL	4.378 m ²
CONSUMO TOTAL	103.889 kWh

⁷ Se considera una carga de iluminación que sea coherente con el requerimiento de lux establecido en los parámetros para cumplir con lo solicitado en el DS548. Este valor corresponde a dicho cálculo con el sistema existente y se entiende como una reparación del sistema de iluminación existente.

⁸ Este estándar exige 180 lux en las salas de clases, lo cual se cumple en este caso con iluminación artificial.

⁹ No se considera calefacción para el edificio, puesto que se evalúa el edificio en comportamiento libre de sistemas y esta alternativa es suficiente para cumplir con lo requerido en este estándar (temperatura interior de aulas superior a 12°C).

¹⁰ Se considera un valor recomendado de 10 l/h a n50 pascales, de acuerdo a materialidad propuesta del edificio (rehabilitación de muro exterior con estuco alivianado).

6.1.1 Resultados confort higrotérmico

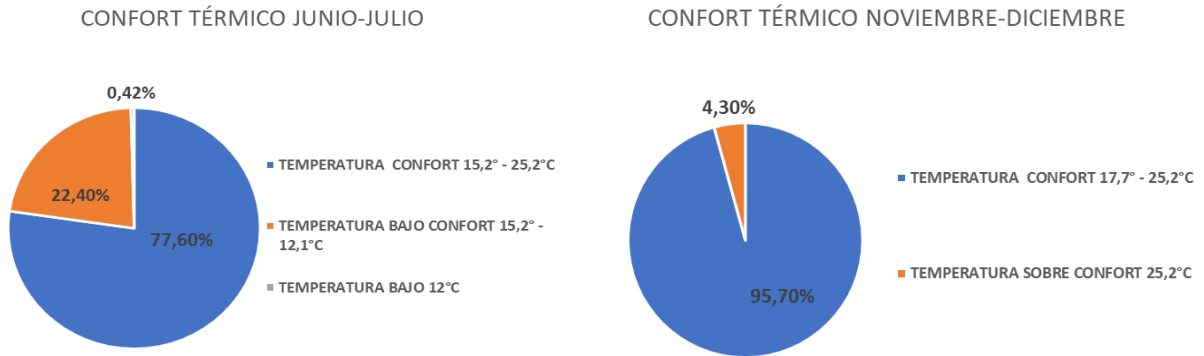


Gráfico 8. Porcentajes de confort térmico meses invierno y verano.

Tabla 22. Rango de temperaturas para confort higrotérmico en invierno y verano clima Los Ángeles.

CONFORT HIGROTÉRMICO	
INVIERNO	15.3°C a 22.8°C
VERANO	17.7°C a 25.2°C

De la evaluación sin sistemas, se puede vislumbrar que las soluciones pasivas implementadas reducen considerablemente el desconfort en el establecimiento (Gráfico 8). Incluso, el edificio se mantiene en un 99,4% del tiempo sobre los 12°C normativo para este tipo de edificios, sin embargo, esta temperatura, está muy lejos de la temperatura de confort (Tabla 22).

Existe un 22,8% del tiempo en que el establecimiento se encuentra bajo la temperatura de confort, situación que no es aceptable en otros estándares de eficiencia energética.

6.1.2 Resultados confort lumínico

En este punto, se han mantenido la misma ubicación y dimensiones de las ventanas existentes en el edificio, puesto que la normativa DS548 no se refiere detalladamente al confort lumínico, solo exige contar con 180 lux (homogéneos) dentro de las salas de clases, lo cual se cumple en conjunto con la incorporación de iluminación artificial.

Se agregan 3 equipos fluorescentes 2x36watt por cada sala de clases, para efectos de cumplir con los 180 lux requeridos por normativa.

6.1.3 Evaluación presupuestaria

ITEMIZADO DE PRESUPUESTO						
Obra: MEJORAMIENTO LICEO ISIDORA AGUIRRE TUPPER						
Propietario: I.MUNICIPALIDAD DE SAN ROSENDO						
Ubicación: VALLEJOS N°530						
item	Designacion	und	cant	pu	total	
1	1.- TRABAJOS PREVIOS					
	1.1	Insta. de faenas, trabajos previos.	gl	1	\$ 550.000	\$550.000
	1.2	Instalaciones provisorias	gl	1	\$ 350.000	\$350.000
	1.3	Letrero Indicativo				
	1.4	Letrero Indicativo de obra	und	1	\$ 250.000	\$250.000
	1.5	Demoliciones				
	1.6	Limpieza sitio	und	1	\$ 300.000	\$300.000
	1.7	Replanteo, trazado y niveles	gl	1	\$ 100.000	\$100.000
2	2.- APLICACIÓN ESTUCO ALIVIANADO					
	2.1	Preparación de superficie	m2	4160	\$ 2.500	\$10.400.000
	2.2	Estuco alivianado	m2	4160	\$ 9.400	\$39.104.000
	2.3	Pintura	m2	4160	\$ 3.600	\$14.976.000
3	3.- REPOSICIÓN VENTANAS					
	3.1	Retiro y preparación de vano	m2	932	\$ 6.800	\$6.337.600
	3.2	Ventanas de aluminio simple	m2	932	\$ 65.000	\$60.580.000
4	4.- INSTALACIÓN AISLACIÓN					
	4.1	Cambio de cubierta	m2	3292	\$ 9.800	\$32.261.600
	4.2	Poliestireno expandido 10kg/m3	m2	3292	\$ 8.500	\$27.982.000
5	5.- Reparación sistema iluminación existente					
	5.1	Equipo fluorescente 2x36w con tubos	und	120	\$ 28.900	\$3.468.000
				Sub total neto	\$196.659.200	
				gg y utilidad	\$49.164.800	
				Sub total	\$245.824.000	
				19% iva	\$46.706.560	
				TOTAL GENERAL	\$292.530.560	

Tabla 23. Presupuesto por partidas e iniciativas de rehabilitación de infraestructura

El consumo energético del edificio aumentó producto de la incorporación de iluminación para lograr los 180 lux requeridos. No se actualizó la tecnología de las luminarias ni se retiraron las luminarias existentes, solo se agregó iluminación, lo cual aumentó el consumo energético del edificio.

No obstante, no se implementó ningún sistema de calefacción o refrigeración, por lo que se ganó en que el edificio cumple con lo solicitado en el DS 548 (sin sistemas) con respecto a la

temperatura interior, la cual se mantiene un 99% del tiempo sobre los 12°C, pero fuera del rango de confort.

Se hizo el estudio de inversión para las intervenciones en el edificio, las cuales nos arrojan posibles vías de financiamiento y sus respectivos plazos.

6.1.4 Líneas de financiamiento

Ante este escenario, podemos observar que en un rango de 3 años¹¹ podríamos implementar mejoras en los revestimientos del edificio y así, generar un mejor comportamiento higrotérmico en los espacios habitables del edificio, especialmente en las salas de clases. Sin embargo, como ya se mencionó anteriormente, estas soluciones son insuficientes si lo planteamos en términos estrictos de CONFORT HIGROTÉRMICO, ya que el edificio cumpliría por lo bajo la normativa y le falta mucho para comportarse dentro del estándar de confort.

Es así como cada una de las intervenciones del presupuesto se muestran bastante accesibles por las vías de financiamiento tradicionales (Tabla 24).

Por ejemplo, la rehabilitación de luminarias se puede realizar con los recursos de FAEP y mantención, en caso de que estas vías sean insuficientes, también el Municipio puede traspasar los recursos. En el caso de las otras iniciativas, necesariamente se deben gestionar los recursos de manera externa, ya sea a través de las iniciativas de infraestructura escolar (plataforma www.inframineduc.cl) o por las vías tradicionales (SUBDERE, Gobierno Regional).

¹¹ Se indica 3 años, en el caso más favorable de aprobar un FNDR que incluya todas las soluciones de esta alternativa de Rehabilitación, sin embargo, si se abordaran estas soluciones una a una, el plazo ascendería a 4 años, por lo bajo.

Tabla 24. Alternativas y fuentes de financiamiento, rango y plazo de inversión.

ALTERNATIVA	MONTO INVERSIÓN	FUENTE DE FINANCIAMIENTO	PLAZO
1+2	\$98.219.625 (IVA incluido)	PMI – 2PMU	Plazo: 1 año
1+3	\$101.845.555 (IVA incluido)	PMI – 2PMU	Plazo: 1 año
1+4	\$91.917.980 (IVA incluido)	PMI	Plazo: 1 año
1+5	\$7.464.275 (IVA incluido)	FIE – FAEP - Mantenición	Plazo: 1 año
1+2+4+5	\$195.296. 255 (IVA incluido)	PMI	Plazo: 1- 2 años
1+2+3+4+5	\$292.530.560 (IVA incluido)	FNDR	Plazo: 2-3 años

Con respecto a la inversión total para lograr un resultado normativo estándar D.S.548, tenemos que asciende a \$66.818 pesos por m² (Tabla 25), esto incluye cambio de cubiertas con aislación, cambio de ventanas, reparaciones en muros (estuco alivianado) y reparaciones en sistema eléctrico.

Cabe mencionar que estas reparaciones, son las más comunes dentro del espectro de reparaciones que se realizan en los establecimientos educacionales.

Tabla 25. Valor de inversión alternativa estándar D.S. 548

Inversión total	Valor/m ²
\$ 292.530.560	\$ 66.818



Edificios con mediano nivel de eficiencia e inversión, aborda el confort lumínico y ventilación mediante sistemas pasivos y criterios de eficiencia energética, confort higrotérmico mayor al 75% del tiempo en uso en T° confort

6.2 Mejorar a edificio estándar sello

Para asegurar el comportamiento confortable del edificio, se evalúa la alternativa de un estándar SELLO, esto es, edificios diseñados con eficiencia energética desde su origen, priorizando el diseño pasivo y complementado con diseño activo.

Bajo esta modalidad, se debe cumplir inicialmente en los parámetros de confort establecidos en la norma 15.251.

Modificaciones:

TÉRMICO: Edificio siempre en rangos de temperatura operativa de acuerdo a estándar ASHRAE55 o EN15251.

Instalación de sistema EIFS: 50mm pol. Exp. 10 kgs/m³, concreto liviano 20mm.

Instalación de aislación térmica en cubierta: 100mm de poliestireno expandido 20kg/m³.

Se requiere un sistema de calefacción/refrigeración obligatorio en el edificio. En este caso, se trata de una instalación a gas.

CONFORT CALIDAD DEL AIRE INTERIOR: Modificación de ventanas metálicas a doble vidriado hermético.

CONFORT VISUAL: Se repara el sistema de iluminación entregando 300 lux por recinto.

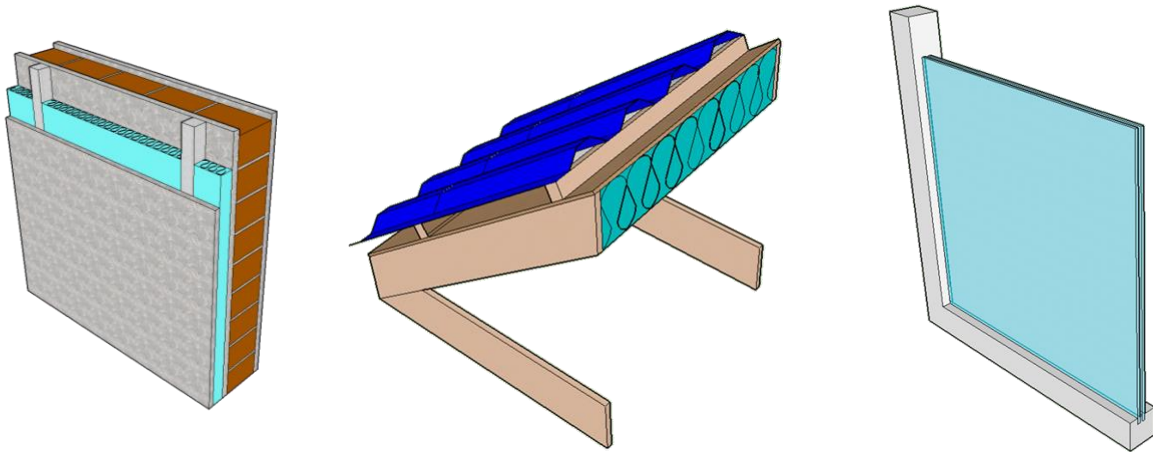


Figura 36. Soluciones constructivas caso mejorado a SELLO.

Tabla 26. Soluciones constructivas para muros, cubierta y ventanas exteriores.

MURO		CUBIERTA		VENTANAS EXTERIORES	
ESTUCO	e= 2,5 cms	ZINC + FIELTRO	e=0,5 cms	VIDRIO SIMPLE	6 mm
ALBAÑILERÍA	e= 15 cms	AIRE ESTANCO	e= 5 cms	AIRE ESTANCO	6mm
ESTUCO	e= 2,5 cms	MADERA	e= 2.5 cms		
POL. EXP. 20 KG/M3	5 cms	POLIESTIRENO EXPANDIDO 20KG/M ³	e= 10 cms	VIDRIO SIMPLE	6mm
CONCRETO LIVIANO	2 cms				

Tabla 27. Condiciones de borde Caso mejorado a estándar SELLO. Elaboración propia.

CONDICIONES DE BORDE - SELLO	
Densidad de ocupación	0,089 pers/m ²
Total personas	390 personas
Superficie total modelación	4378 m ²
Factor metabólico	0,75
Computadores	0,5 w/m ²
Carga de iluminación	15 w/m ² ⁽¹²⁾
Iluminación	300 lux ⁽¹³⁾
Ventilación	6 rah
Consigna refrigeración	25°C ¹⁴
Consigna calefacción	20°C
Horario de uso	Marzo a Diciembre 7,00 a 18,00 hrs
Infiltración n50	5 (l/h) ⁽¹⁵⁾

Tabla 28. Valores de transmitancia térmica para cerramientos mejorado a SELLO

VALORES U PARA CERRAMIENTOS MEJORA A SELLO		
MUROS	0,52 w/m ² k	Estuco e= 2.5 cms Albañilería e= 15 cms Estuco e= 2,5 cms Pol. Exp. 20kg/m ³ e=5 cms Estuco liviano e= 2 cms
VENTANAS	1,55 w/m ² k	Marco aluminio e=0,6 cm

¹² El estándar Sello exige una iluminación entre 100 a 600 lux, diferenciados por recintos, para salas de clases se establece un valor de 200 a 300 lux (Nch 4/2003). Para efectos del presente estudio, se define un valor promedio para el edificio completo de 300 lux.

¹³ Ídem 12.

¹⁴ En esta alternativa se hace obligatoria la implementación de un sistema activo de calefacción y refrigeración.

¹⁵ Al incorporar revestimientos y cambio de ventanas en fachadas, se reduce el nivel de infiltraciones. Se propone un valor normalizado de 5 l/h, el cual corresponde al 10% mas hermético del parque edificado para la ciudad de Los Ángeles y Concepción.

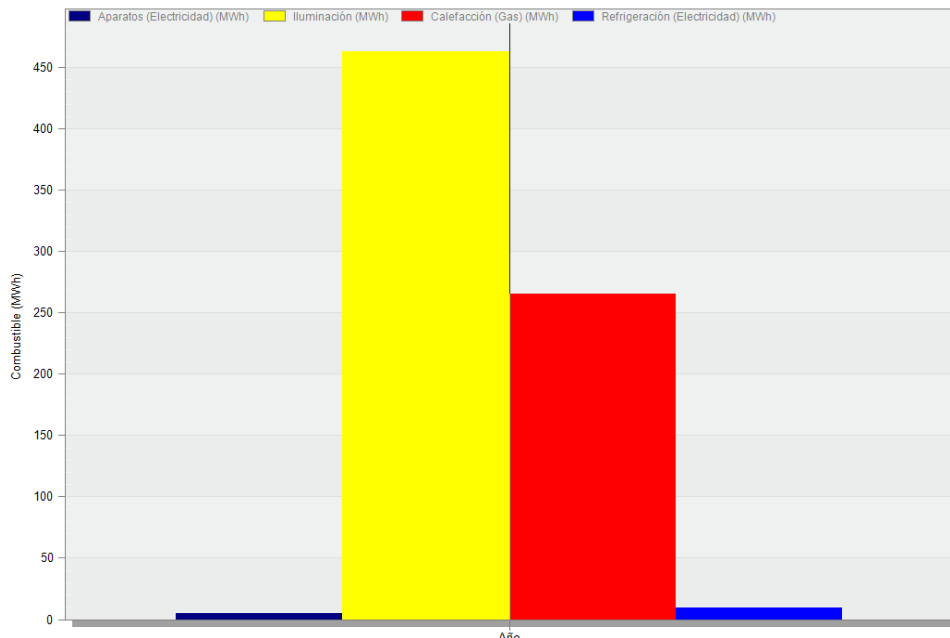
		Vidrio simple e= 0,6 cm
CUBIERTAS	0,335 w/m ² k	Zinc alum e= 0,35 mm Filtro asfáltico 15 lbs Poliestireno exp. 20kg/m ³ e=10 cms Entablado madera e=2,5 cms
SUELO	3,025 w/m ² k	Radier e= 8 cms Cerámico e= 1 cm

Tabla 29. Consumo energético edificio mejorado a SELLO.

CONSUMO ENERGÉTICO	
CONSUMO TOTAL/m ²	128,31 Kwh/m ²
SUPERFICIE TOTAL	4.378 m ²
CONSUMO TOTAL	561.741 kWh

4946,02
EnergyPlus

Consumos desglosados - Sitio, Edificio 1
1 Ene - 31 Dic (Las condiciones de zona se reportan para los periodos ocupados, definidos mediante programaciones), Periodo de simulación Evaluación



Aparatos (Electricidad) (MWh)
Iluminación (MWh)
Calefacción (Gas) (MWh)
Refrigeración (Electricidad) (MWh)

Año
4,95
463,03
265,48
9,38

Figura 37. Resultados de consumos combustible, rango de temperatura, balance térmico.

El edificio bajo estas condiciones aumenta su consumo energético 5 veces y principalmente se hace necesario reducir el consumo de gas para calefacción y electricidad para iluminación.

Este resultado es imposible de implementar para un municipio como San Rosendo, debido a sus altos costos de mantención, razón por la cual se ha generado otra solución, optimizada del estándar Sello y que disminuye el consumo energético de la alternativa estándar SELLO.

6.2.1 Resultados confort higrotérmico

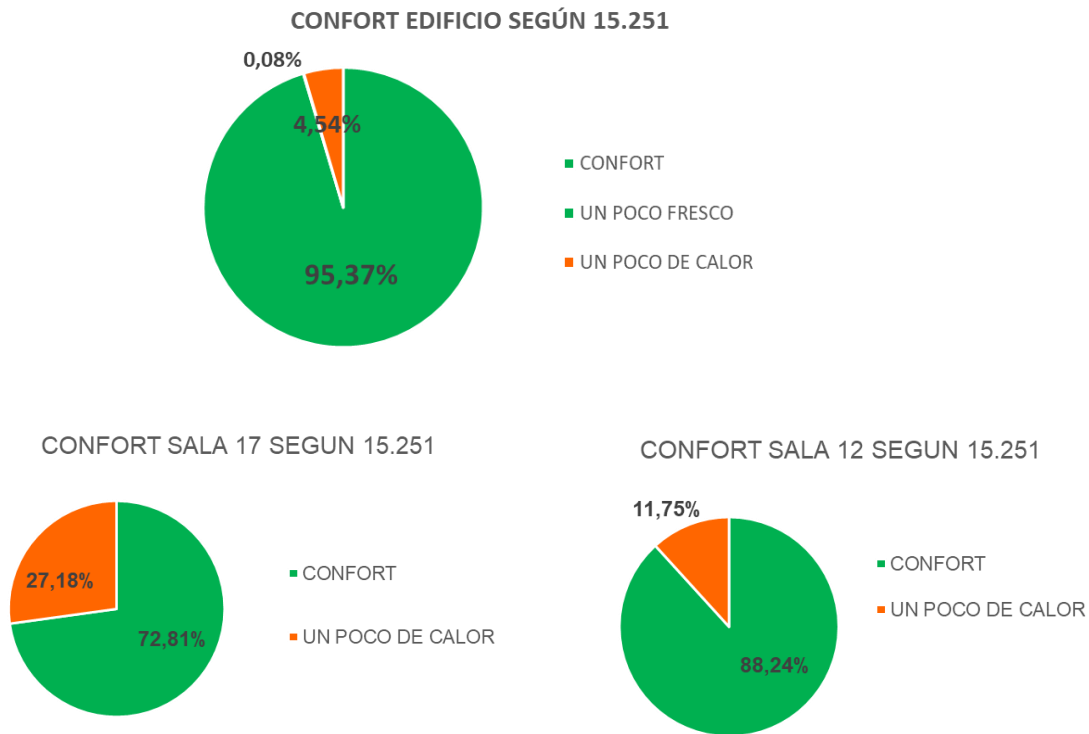


Gráfico 9. Porcentajes de confort térmico meses invierno y verano por salas (anual)

El análisis del confort Higrotérmico del edificio se realiza bajo la modalidad establecida en la Norma EN 15.251, la cual es exigida para este tipo de edificios (Sello).

Del análisis podemos desprender que el 100% del tiempo en uso, el edificio se mantiene en temperatura confort, dentro del cual un 95.37% es temperatura confort, un 4.54% es temperatura con un poco de calor y un 0,08% del tiempo en uso, el edificio estará un poco fresco, pero siempre dentro de los rangos correspondientes a temperatura confort (Gráfico 9).

Comparativamente, el caso base presentaba un disconfort de 73.61%, mientras que el caso estándar SELLO presenta un 100% del tiempo en temperatura confort, razón por la cual cumple el requerimiento exigido de reducir en un 8% el disconfort dentro del edificio para este estándar.

Con esta solución, los principales consumos energéticos se concentran en calefacción e iluminación (Figura 37).

Sin embargo, los resultados de condensación al interior de las salas clases (Figura 38), con esta solución para muros, aun presenta condensaciones superficiales, situación que no es saludable para la calidad del aire interior. Esta situación no está normada por el DS548 ni el estándar SELLO, ya que, pese a cumplir con la transmitancia térmica solicitada, con la solución planteada sí se producirían condensaciones superficiales al interior de los recintos.

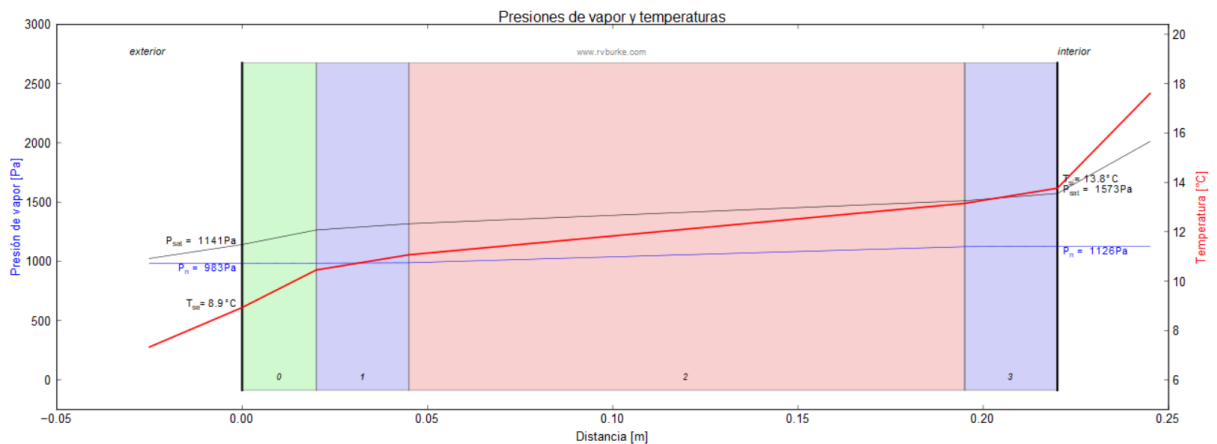


Figura 38. Resultado condensaciones en muros

6.2.2 Resultados confort lumínico

En esta alternativa, se propone completar los 300 lux en salas de clases con el sistema de iluminación artificial, situación que se ve reflejada en el consumo energético del edificio. Es importante mencionar, que esta alternativa solo repara el sistema de iluminación existente,

reponiendo los equipos faltantes o en malo estado y agregando la cantidad de equipos necesaria por sala de clases. Por esta razón, el sistema de equipos fluorescentes 2x36 watt, aumentó considerablemente a 12 equipos por sala de clases, lo que aumenta considerablemente el consumo energético.

Se exige un factor de luz día de 2%, situación que se cumple con las ventanas actuales, las cuales corresponden al 20% del área, con 8% del área para ventilación y 5.6% de factor de luz día para las salas de clases (Figura 39).

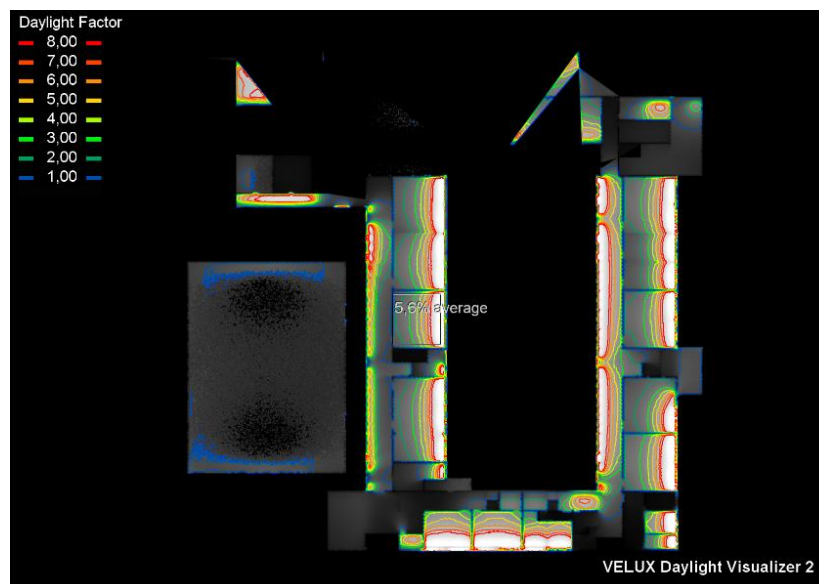


Figura 39. Factor luz día salas de clases, caso base y sello.

6.2.3 Evaluación presupuestaria

Tabla 29. Presupuesto por partidas e iniciativas de rehabilitación de infraestructura.

ITEMIZADO DE PRESUPUESTO					
Obra: MEJORAMIENTO LICEO ISIDORA AGUIRRE TUPPER Propietario: I.MUNICIPALIDAD DE SAN ROSENDO Ubicación: VALLEJOS N°530					
item	Designacion	und	cant	pu	total
1.- TRABAJOS PREVIOS					
1.1	Insta. de faenas, trabajos previos.	gl	1	\$ 550.000	\$550.000
1.2	Instalaciones provisorias	gl	1	\$ 350.000	\$350.000
1.3	Letrero Indicativo				
1.4	Letrero Indicativo de obra	und	1	\$ 250.000	\$250.000
1.5	Demoliciones				
1.6	Limpieza sitio	und	1	\$ 300.000	\$300.000
1.7	Replanteo, trazado y niveles	gl	1	\$ 100.000	\$100.000
2.- INSTALACION SISTEMA EIFS					
2.1	Instalación de subestructura	m2	4160	\$ 14.800	\$61.568.000
2.2	Poliestireno expandido 10kg/m3	m2	4160	\$ 8.500	\$35.360.000
2.3	Estuco alivianado	m2	4160	\$ 9.200	\$38.272.000
2.4	Pintura	m2	4160	\$ 3.600	\$14.976.000
3.- REPOSICIÓN VENTANAS DVH					
3.1	Retiro y preparación de vano	m2	932	\$ 6.800	\$6.337.600
3.2	Ventanas DVH aluminio	m2	932	\$ 85.000	\$79.220.000
4.- INSTALACIÓN AISLACIÓN					
4.1	Cambio de cubierta	m2	3292	\$ 9.800	\$32.261.600
4.2	Poliestireno expandido 20kg/m3	m2	3292	\$ 13.500	\$44.442.000
5.- CALEFACCIÓN/REFRIGERACIÓN					
	Sistema calefacción/refrigeración	m2	3739	\$ 23.900	\$89.362.100
6.- Reparación sistema iluminación existente					
6.1	Equipo fluorescente 2x36w con tubos	und	230	\$ 28.900	\$6.647.000
				Sub total neto	\$409.996.300
				gg y utilidad	\$102.499.075
				Sub total	\$512.495.375
				19% iva	\$97.374.121
				TOTAL GENERAL	\$609.869.496

6.2.4 Fuentes de financiamiento

Tabla 30. Alternativas y fuentes de financiamiento, rango y plazo de inversión.

ALTERNATIVA	MONTO INVERSIÓN	FUENTE DE FINANCIAMIENTO	PLAZO
1+2	\$225.692.425 (IVA incluido)	(Sin pintura de terminación) PMI	Plazo: 1 año
1+3	\$129.572.555 (IVA incluido)	PMI – 2PMU + recursos internos	Plazo: 1 -2 años
1+4	\$116.402.230 (IVA incluido)	PMI – 2PMU	Plazo: 1 -2 años
1+5	\$135.231.749 (IVA incluido)	PMI	Plazo: 1 año
1+6	\$8.197.000 (IVA incluido)	FIE – FAEP - Mantención	Plazo: 1 año
1+2+4	\$187.831.980 (IVA incluido)	PMI	Plazo: 1 año
1+2+3+4+5+6	\$609.869.496 (IVA incluido)	FNDR	Plazo: 2-3 años

En el presente proyecto de rehabilitación, se puede indicar que el mejoramiento base para el estándar SELLO, es posible en términos térmicos, sin embargo, el consumo energético del sistema de calefacción y refrigeración se eleva considerablemente, lo cual lo hace una solución no recomendable, puesto que es insustentable para un municipio que tiene bajos costos de mantención del edificio original o base.

Aquí podemos observar que, pese a que el edificio se comporta favorablemente en términos de confort higrotérmico, no logra conservar, mantener ni distribuir favorablemente el calor a través de los espacios del edificio, razón por la cual el sistema de calefacción y refrigeración supe las deficiencias de temperatura con su funcionamiento.

Es un edificio mejorado de forma insuficiente, puesto que consume mucha energía para mantener los espacios en temperatura confort.

La inversión asociada a un edificio con este comportamiento radica en 6 años aproximadamente, esto quiere decir que invertir 600 millones de pesos en mejoramiento, aun no abre la oportunidad

de contar con un edificio “eficiente” o de un comportamiento energético favorable o similar a las mejores prácticas de la región del Biobío.

Así las cosas, tenemos que para este estándar y soluciones constructivas, se debe invertir \$139.303 pesos por m², para realizar los mejoramientos en cubierta, ventanas, revestimientos de muros, reparaciones en sistema eléctrico e iluminación, así como también instalar un sistema de calefacción/refrigeración para el establecimiento.

Tabla 31. Valor de inversión total por m² para estándar SELLO.

Inversión total	Valor/m ²
\$ 609.869.496	\$ 139.303

Clasificación propuesta:



Edificios con alto nivel de eficiencia e inversión, aborda el confort acústico, confort lumínico y ventilación mediante sistemas pasivos y criterios de eficiencia energética, confort higrotérmico mayor al 85% del tiempo en uso en T° confort

6.3 Mejorar edificio a estándar sello – optimizado

Como se mencionó anteriormente, el estándar SELLO no se refiere a tipos de luminarias, ni tampoco exige que la iluminación natural sea bien aprovechada, razón por la cual, en la primera solución, solo se mejora la iluminación existente, la cual asegura un mínimo de 300 lux. Esto generó que el sistema existente, muy ineficiente, aumentara significativamente el consumo energético del edificio rehabilitado.

También se obtuvo como resultado que la solución de muros del edificio generaría condensaciones superficiales al interior de los recintos, situación que a futuro empeoraría la calidad e higiene de los espacios habitables.

En esta alternativa, se optimizan los revestimientos del establecimiento y se mejoran algunos sistemas, como el sistema de iluminación.

Modificaciones:

TÉRMICO: Edificio siempre en rangos de temperatura operativa de acuerdo a estándar ASHRAE55 o EN15251.

Instalación de sistema EIFS: 50mm pol. Exp. 20 kgs/m³, concreto liviano 20mm.

Instalación de aislación térmica en cubierta: 100mm de poliestireno expandido 20kg/m³.

Se requiere un sistema de calefacción/refrigeración obligatorio en el edificio. En este caso, se trata de una instalación a gas.

Se propone el cambio de piso al interior del edificio. Se instala piso aislado de linóleo.

CONFORT CALIDAD DEL AIRE INTERIOR: Modificación de ventanas metálicas a doble vidrio hermético, argón 10mm.

CONFORT VISUAL: Se cambia el sistema de iluminación fluorescente a LED, entregando 300 lux por recinto.

Condiciones de borde a cargar en el software de simulación Design Builder:

Tabla 32. Condiciones de borde estándar SELLO OPTIMIZADO

CONDICIONES DE BORDE - SELLO OPTIMIZADO	
Densidad de ocupación	0,089 pers/m ²
Total personas	390 personas
Superficie total modelación	4378 m ²
Factor metabólico	0,75
Computadores	0,5 w/m ²
Carga de iluminación	2,5 w/m ² ⁽¹⁶⁾
Iluminación	300 lux
Ventilación	6 rah
Consigna refrigeración	25°C
Consigna calefacción	20°C
Horario de uso	Marzo a Diciembre 7,00 a 18,00 hrs
Infiltración n50	5 (l/h)

¹⁶ Se modifica este valor, porque se ha implementado un sistema LED de iluminación interior que reduce considerablemente el consumo energético por m².

Tabla 33. Soluciones constructivas para edificio mejorado a SELLO OPTIMIZADO.

MURO		CUBIERTA		VENTANAS EXTERIORES		MUROS INTERIORES		PISOS	
ESTUCO	2,5 CM	ZINC + FIELTRO	0,5 MM	VIDRIO	6MM	ESTUCO	2,5 CM	RADIER	15CM
ALBAÑILERIA	15 CM	POL. ESP. 20KG/M3	10 CM	ARGÓN	10MM	ALBAÑILERIA	15 CM	MORTERO	2 CM
ESTUCO	2,5 CM	MADERA	2,5 CM	VIDRIO	6MM	ESTUCO	2,5 CM	POL. EXP. 20 KG/M2	5 CM
POL. EXP. 20 KG/M3	5 CM							MADERA	2,5 CM
CONCRETO LIVIANO	2 CM							FIBROCEMENTO	8 MM
								LINOLEO	5 MM

Tabla 34. Consumo energético edificio mejorado a SELLO OPTIMIZADO

CONSUMO ENERGÉTICO	
CONSUMO TOTAL/m ²	53,82 Kwh/m ²
SUPERFICIE TOTAL	4,378 m ²
CONSUMO TOTAL	235.623 Kwh

Tabla 35. Valores de transmitancia térmica para cerramientos edificio mejorado a SELLO OPTIMIZADO.

VALORES U PARA CERRAMIENTOS MEJORA A SELLO OPTIMIZADO		
MUROS	0,485 w/m ² k	Estuco e= 2.5 cms Albañilería e= 15 cms Estuco e= 2,5 cms Pol. Exp. 20kg/m ³ e=5 cms Estuco liviano e= 2 cms
VENTANAS	1,428 w/m ² k	Marco aluminio e=0,6 cm Cámara de argón estanco e=10mm Vidrio simple e= 0,6 cm
CUBIERTAS	0,335 w/m ² k	Zinc alum e= 0,35 mm Fieltro asfáltico 15 lbs Poliestireno exp. 20kg/m ³ e=10 cms Entablado madera e=2,5 cms
SUELO	0,541 w/m ² k	Radier e= 8 cms Mortero e=2 cms Pol. Exp. 20kg/m ³ e=5 cms Placa madera e=2.5 cms Fibro cemento e=8mm Linóleo e= 5mm

En esta alternativa, se busca reducir el consumo energético del edificio con los sistemas instalados y asumiendo el costo del cambio de luminarias a sistema LED.

Es importante mencionar que en esta alternativa, los principales consumos energéticos son la calefacción y la iluminación. Ambos tienen relación con el diseño de las ventanas preexistentes en el edificio, situación que no se ha modificado, solo se cambió el material y la calidad de éstas.

7570.01
EnergyPlus

Consumos desglosados - Sitio, Edificio 1
1 Ene - 31 Dic (Las condiciones de zona se reportan para los periodos ocupados, definidos mediante programaciones), Período de simulación Evaluación

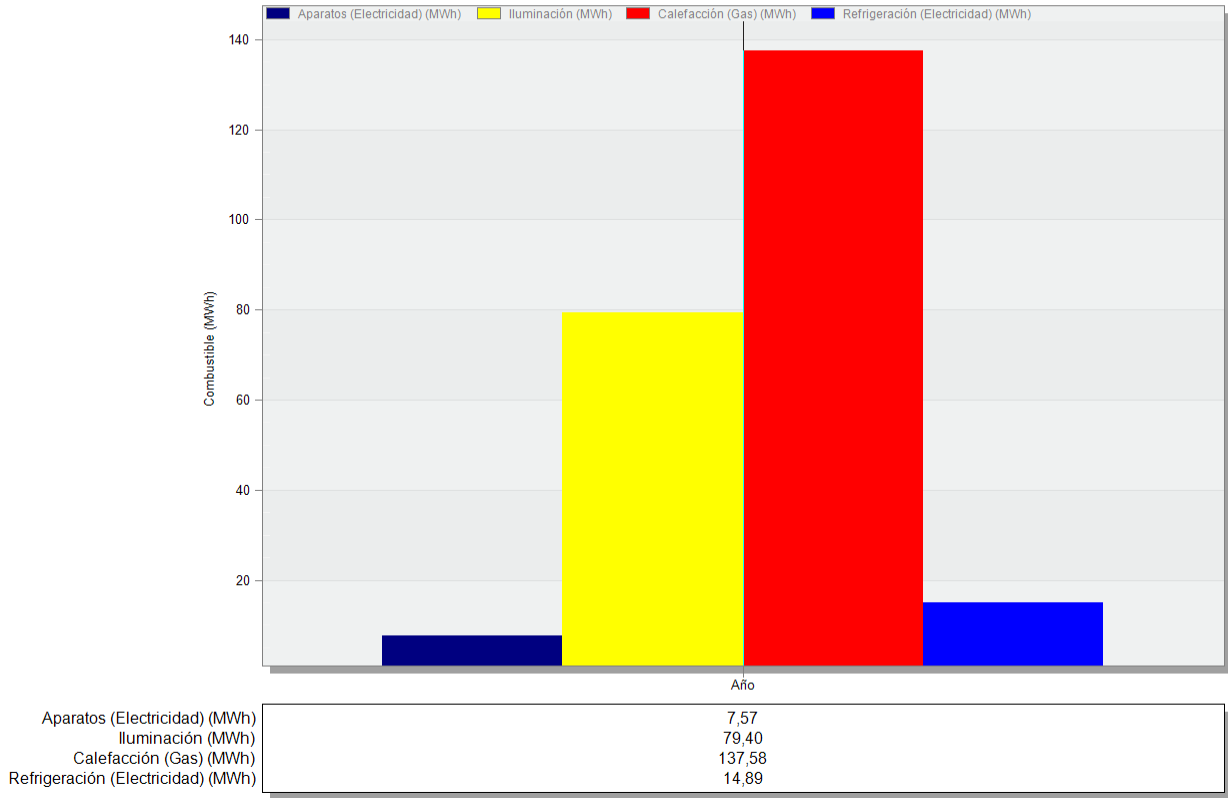


Figura 40. Consumos energéticos del edificio mejorado a SELLO OPTIMIZADO.

Así como se observa en la Figura 40, los principales consumos energéticos tienen relación con un edificio que pese a los cambios propuestos, no es capaz de mantener y almacenar el suficiente calor en invierno, ni iluminar los 300 lux con iluminación natural.

En esta modelación, no se incorporaron las celosías estructurales, ya que éstas solo están recomendadas.

El estándar SELLO está pensado para edificios que son diseñados bajo parámetros de eficiencia energética y tantos otros específicos para Edificios educativos, razón por la cual no es tan específico en sus reglas, ya que todos estos edificios deben ser evaluados en CES y cumplir, entre otras normas, con la norma EN 15.251 (todos estos parámetros deben ser aplicados desde la etapa de diseño).

6.3.1 Resultados confort higrotérmico

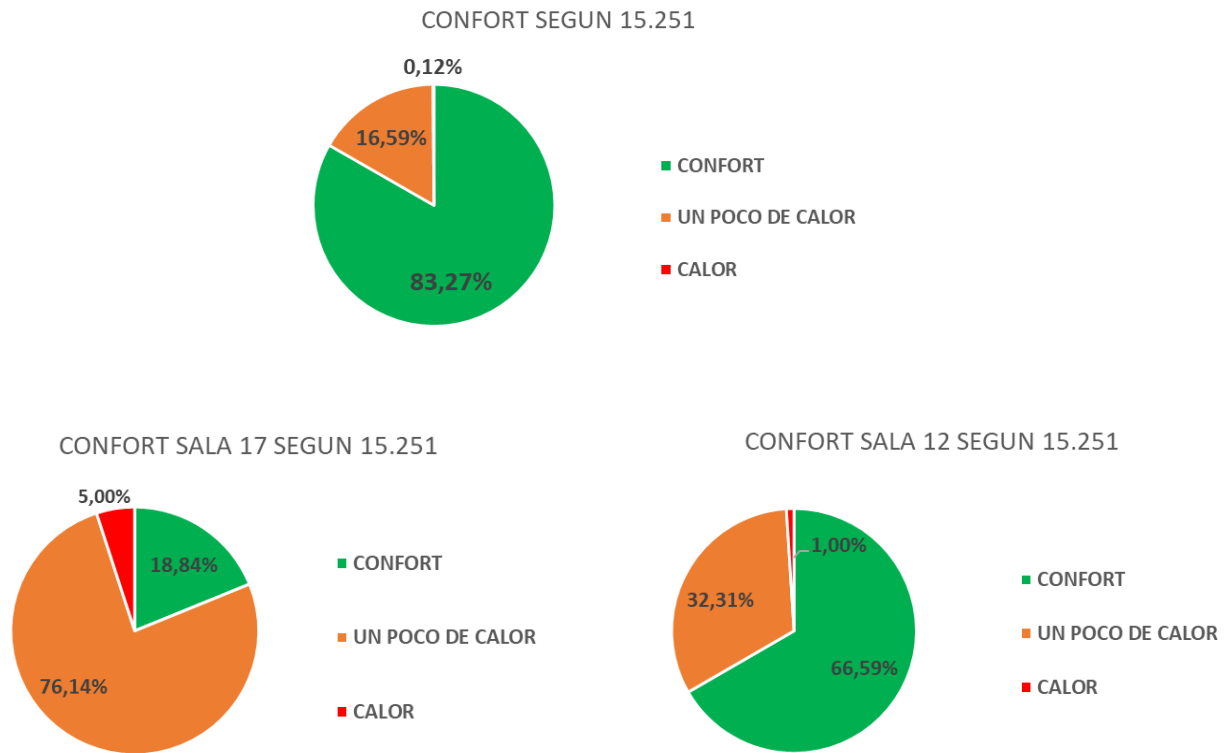
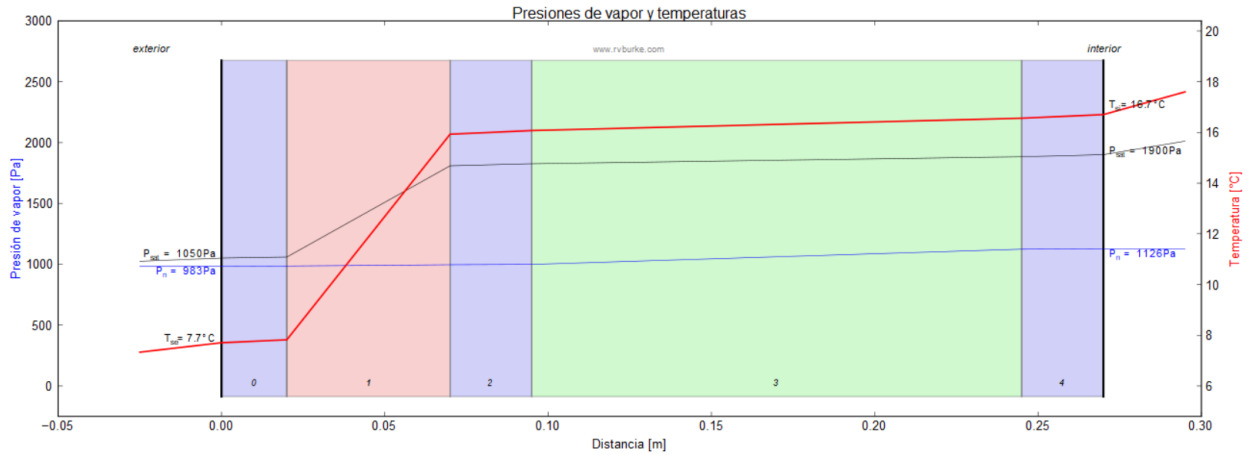


Gráfico 10. Porcentajes de confort térmico anual por salas

El Confort higrotérmico del edificio en esta alternativa, muestra al edificio un tanto más sobrecalentado (Gráfico 10). Existe un porcentaje mínimo de un 0,12% del tiempo de simulación que el edificio está caluroso. Asimismo, la sala N°17 presenta sobrecalentamiento al medio día de un 5% del tiempo. De todas maneras, esta combinación de materiales y soluciones garantiza en gran medida que el edificio se encuentre en temperatura confort (95%).

Figura 41. Resultado condensaciones en muros



Del mismo modo, al hacer el estudio de condensaciones en muros (Figura 41), se logra observar que para la solución de muro, no existen condensaciones intersticiales ni superficiales, lo cual asegura un espacio saludable dentro de las salas de clases y otros recintos habitables.

6.3.2 Resultados confort lumínico

En esta alternativa se cumple con lo solicitado para este estándar, ya que los 300 lux exigidos se cumplen en conjunto con la iluminación artificial, la cual se actualizó a tecnología LED reduciendo el consumo energético de 463,03 Mwh a 79,40 Mwh (reducción del 82,8%).

6.3.3 Evaluación presupuestaria

Tabla 36. Presupuesto por partidas e iniciativas de rehabilitación de infraestructura.

ITEMIZADO DE PRESUPUESTO						
Obra: MEJORAMIENTO LICEO ISIDORA AGUIRRE TUPPER						
Propietario: I.MUNICIPALIDAD DE SAN ROSENDO						
Ubicación: VALLEJOS N°530						
item	Designación	und	cant	pu	total	
1	1.- TRABAJOS PREVIOS					
	1.1	Insta. de faenas, trabajos previos.	gl	1	\$ 550.000	\$550.000
	1.2	Instalaciones provisorias	gl	1	\$ 350.000	\$350.000
	1.3	Letrero Indicativo				
	1.4	Letrero Indicativo de obra	und	1	\$ 250.000	\$250.000
	1.5	Demoliciones				
	1.6	Limpieza sitio	und	1	\$ 300.000	\$300.000
	1.7	Replanteo, trazado y niveles	gl	1	\$ 100.000	\$100.000
2	2.- INSTALACIÓN SISTEMA EIFS					
	2.1	Instalación de subestructura	m2	4160	\$ 14.800	\$61.568.000
	2.2	Poliestireno expandido 20kg/m3	m2	4160	\$ 13.500	\$56.160.000
	2.3	Estuco alivianado	m2	4160	\$ 9.200	\$38.272.000
	2.4	Pintura	m2	4160	\$ 3.600	\$14.976.000
3	3.- REPOSICIÓN VENTANAS DVH					
	3.1	Retiro y preparación de vano	m2	932	\$ 6.800	\$6.337.600
	3.2	Ventanas DVH aluminio argón	m2	932	\$ 115.000	\$107.180.000
4	4.- INSTALACIÓN AISLACIÓN					
	4.1	Cambio de cubierta	m2	3292	\$ 9.800	\$32.261.600
	4.2	Poliestireno expandido 20kg/m3	m2	3292	\$ 13.500	\$44.442.000
5	5.- REVESTIMIENTO DE PISOS					
	4.1	Poliestireno expandido 20kg/m3	m2	3292	\$ 13.500	\$44.442.000
	4.2	Cadeneteado madera	m2	3292	\$ 6.000	\$19.752.000
	4.3	Terciado mueblista e=2,5cms	m2	3292	\$ 6.500	\$21.398.000
	4.4	Fibrocemento 8mm	m2	3292	\$ 13.800	\$45.429.600
	4.5	Linóleo	m2	3292	\$ 12.680	\$41.742.560
6	6.- CALEFACCIÓN/REFRIGERACIÓN					
	6.1	Sistema calefacción/refrigeración	m2	3739	\$ 23.900	\$89.362.100
7	7.- SISTEMA DE ILUMINACION					
	7.1	Iluminacion LED salas	ud	263	\$ 75.000	\$19.725.000
	7.2	Iluminacion LED pasillos	ud	61	\$ 60.000	\$3.660.000
	7.3	Campana LED Gimnasio	ud	10	\$ 240.000	\$2.400.000
				Sub total neto	\$650.658.460	
				gg y utilidad	\$162.664.615	
				Sub total	\$813.323.075	
				19% iva	\$154.531.384	
				TOTAL GENERAL	\$967.854.459	

Con las soluciones planteadas, se logra una rehabilitación completa de la envolvente exterior del edificio: Muros, ventanas y cubiertas.

Adicionalmente, se propone una rehabilitación del espacio interior a través de la instalación de sistemas de calefacción y refrigeración.

También, el cambio del sistema de iluminación a uno más eficiente, como el LED, el cual asegura 300 lux por recinto.

La inversión total para una rehabilitación SELLO es de \$221.072 pesos por m² edificado (Tabla 37).

Tabla 37. Valor de inversión total por m² para estándar SELLO OPTIMIZADO.

Inversión total	Valor/m ²
\$ 967.854.459	\$ 221.072

6.3.4 Fuentes de financiamiento

Tabla 38. Alternativas y fuentes de financiamiento, rango y plazo de inversión.

ALTERNATIVA	MONTO INVERSIÓN	FUENTE DE FINANCIAMIENTO	PLAZO
1+2	\$256.632.425 (IVA incluido)	FNDR	Plazo: 2-3 años
1+3	\$171.163.055 (IVA incluido)	PMI	Plazo: 1 año
1+4	\$116.402.230 (IVA incluido)	PMI – 2PMU	Plazo: 1-2 años
1+5	\$259.292.313 (IVA incluido)	FNDR	Plazo: 2-3 años
1+6	\$135.231.748 (IVA incluido)	PMI – 2PMU	Plazo: 1-2 años
1+7	\$40.660.812 (IVA incluido)	1 PMU	Plazo: 1 años
1+2+3+4+5+6+7	\$967.854.459 (IVA incluido)	FNDR	Plazo: 2-3 años

La inversión para conseguir un edificio estándar SELLO, asciende a casi 970 millones de pesos aproximadamente. Si se trabaja para conseguir uno a uno cada iniciativa de inversión, dicha implementación puede demorar hasta 15 años. En el mejor de los casos (FNDR), puede tomar 3 años (Tabla 38).

Se ha hecho un estudio para cada iniciativa de inversión y su posible fuente de financiamiento, por supuesto que hay muchos caminos para el mismo resultado, siendo el más corto, aquel que va directo a los fondos FNDR, el cual agrupa todas las intervenciones.

Clasificación propuesta:



Edificios con alto nivel de eficiencia e inversión, aborda el confort acústico, confort lumínico y ventilación mediante sistemas pasivos y criterios de eficiencia energética, confort higrotérmico mayor al 85% del tiempo en uso en T° confort

6.4 Mejorar a edificio estándar TDRe MOP

Para mejorar el edificio caso base a un estándar TDRe MOP, es importante mencionar, que se trata de un estándar pensado para edificios mayores a 1000 m² y que modifiquen al menos un 50% de su estructura/elementos.

Si bien existen muchos requerimientos que solo pueden ser abordados desde el diseño del edificio, existen otros que pueden ser implementados y evaluar un estándar distinto para solucionar el problema del mejoramiento en el confort de los habitantes del Liceo Isidora Aguirre de San Rosendo.

1. TÉRMICO: modificación de revestimientos:

- a. Cubierta: Se cambia cubierta y se instala aislación correspondiente a Poliestireno expandido de 100mm 20kg/m³ densidad.
- b. Muro fachada: Se propone la instalación de sistema EIFS en todas las fachadas exteriores del edificio. Esta solución comprende 40mm de poliestireno expandido de densidad 10Kg/m³ y mortero liviano de 20mm.
- c. Pisos en contacto con el terreno: Se propone la instalación de un piso aislado en linóleo.
- d. Pisos ventilados: Se propone la instalación de un piso aislado en linóleo.
- e. Paramentos verticales: Se propone la aplicación de una capa de 1cm de estuco liviano, por ambas caras.

- f. Ventanas: Se propone una ventana con marco de PVC y doble vidriado hermético, con cámara de aire interior.

CONFORT VISUAL:

- a. Se requiere la instalación de protecciones solares en oriente y poniente, debido a que es requerido para lograr un factor solar modificado de 0,5.

CONSUMO ENERGÉTICO:

Para reducción del consumo energético, se propone el cambio de los equipos de iluminación fluorescente a LED.

CALIDAD DEL AIRE INTERIOR:

Las salas de clases, deben contar con un mínimo de 2 cambios de aire/hora. Lo cual se cumplirá con el cambio de ventanas y superficie de ventilación a 20% Superficie sala.

CONFORT ACUSTICO:

Se propone la instalación de tabique absorbente acústico y puerta aislada en todas las salas de clases.

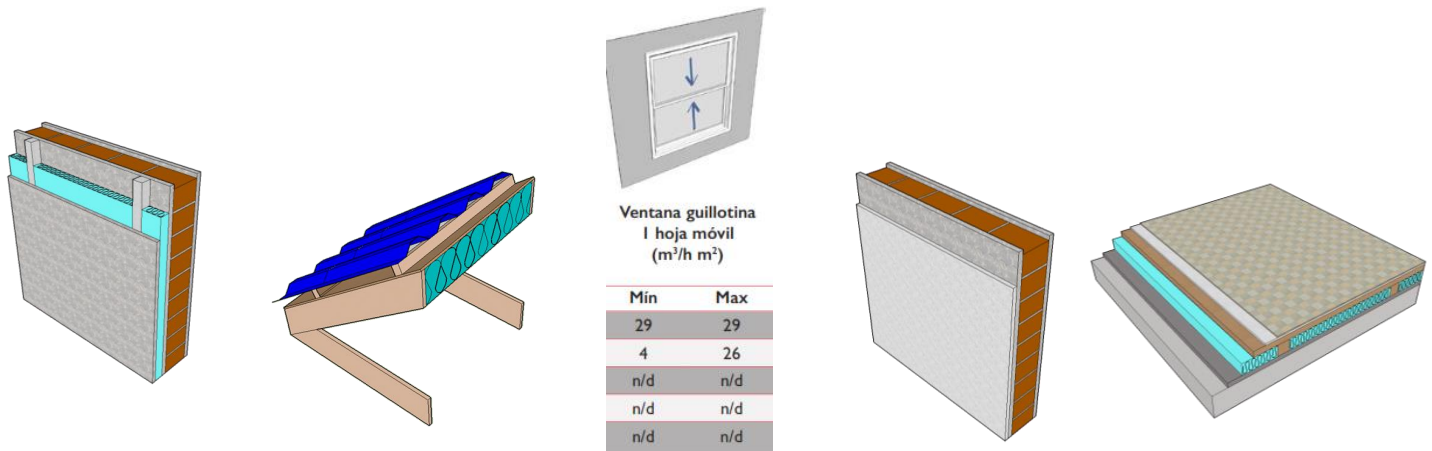


Figura 42. Soluciones constructivas caso mejorado a TDR MOP.

Tabla 39. Soluciones constructivas para muros, cubierta y ventanas exteriores.

MURO		CUBIERTA		VENTANAS EXTERIORES		MUROS INTERIORES PARAMENTOS VERT.		PISOS EN TERRENO	
ESTUCO	2,5 CM	ZINC	0,5 MM	VIDRIO	4MM	REVOQUE LIVIANO	1 CM	RADIER	8 CM
ALBAÑILERIA	15 CM	POL. ESP. 20KG/M3	15 CM	AIRE	6MM	ESTUCO	2,5 CM	MORTERO	2 CM
ESTUCO	2,5 CM	MADERA	2,5 CM	VIDRIO	4MM	ALBAÑILERIA	15 CM	POL. EXP. 20 KG/M2	6 CM
POL. EXP. 20 KG/M ³	7 CM			MARCO PVC	3MM	ESTUCO	2,5 CM	MADERA	2,5 CM
CONCRETO LIVIANO	2 CM					REVOQUE LIVIANO	1 CM	FIBROCEMENTO	8 MM
								LINOLEO	5 MM

Tabla 40. Valores de transmitancia térmica para cerramientos edificio mejorado a TDRe.

VALORES U PARA CERRAMIENTOS MEJORA A TDRe		
MUROS	0,485 w/m ² k	Estuco e= 2.5 cms Albañilería e= 15 cms Estuco e= 2,5 cms Pol. Exp. 20kg/m ³ e=7 cms Estuco liviano e= 2 cms
VENTANAS	1,99 w/m ² k	Marco PVC e=0,3 cm Cámara de argón estanco e=6mm Vidrio simple e= 0,4 cm
CUBIERTAS	0,233 w/m ² k	Zinc alum e= 0,35 mm Filtro asfáltico 15 lbs Poliestireno exp. 20kg/m ³ e=15 cms Entablado madera e=2,5 cms
SUELO	0,474 w/m ² k	Radier e= 8 cms Mortero e=2 cms Pol. Exp. 20kg/m ³ e=6 cms Placa madera e=2.5 cms Fibro cemento e=8mm Linóleo e= 5mm
PARAMENTOS VERTICALES	1,317 w/m ² k	Revoque liviano e= 1 cms Estuco e= 2.5 cms Albañilería e= 15 cms Estuco e= 2,5 cms Revoque liviano e= 1 cms

Tabla 41. Condiciones de borde para modelo estándar TDRe

CONDICIONES DE BORDE - TDRe	
Densidad de ocupación	0,089 pers/m ²
Total personas	390 personas
Superficie total modelación	4378 m ²
Factor metabólico	0,75
Computadores	0,5 w/m ²
Carga de iluminación	2,5 w/m ²
Iluminación	350 lux ⁽¹⁷⁾
Ventilación	2.5 rah ⁽¹⁸⁾
Aire exterior mínimo	5
Aire exterior por área	0,6 l/s*m ²
Consigna refrigeración	25°C
Consigna calefacción	20°C
Horario de uso	Marzo a Diciembre 7,00 a 18,00 hrs
Infiltración n50	5 (l/h)
Factor solar modificado	0,5 ⁽¹⁹⁾

Tabla 42. Consumo energético edificio mejorado a TDRe.

CONSUMO ENERGÉTICO	
CONSUMO TOTAL/m²	53,09 Kwh/m ²
SUPERFICIE TOTAL	4,378 m ²
CONSUMO TOTAL	232.428 kWh

¹⁷ Para una sala de clases con trabajo general, se solicita cumplir con 300 lux en los escritorios de estudiantes y 500 lux en la zona de pizarra. Se realizó una proporción simple para obtener el requerimiento promedio por sala de clases, el cual resultó en 350 lux aula.

¹⁸ Valor indicado para recintos educativos por TDRe a 50pa, con sistemas de ventilación.

¹⁹ Valor indicado para ventanas norte, oriente y poniente.

6.4.1 Resultados confort higrotérmico

Para esta solución, los revestimientos se modifican para cumplir con lo requerido en los TDRé, excluyendo todos aquellos ítems que son aplicables desde en edificio en proceso de diseño.

En sí, la alternativa funciona bastante similar al edificio estándar SELLO OPTIMIZADO respecto del confort térmico. El sobrecalentamiento de edificio prácticamente desaparece y ambas salas estudiadas, N°12 y N°17, no presentan sobrecalentamiento. Durante el invierno, las salas de clases se mantienen siempre sobre los 20°C, de acuerdo a lo requerido por este estándar.

El sistema de calefacción y refrigeración, los consumos totales del edificio se han triplicado, lo cual hace analizar si municipios con pocos recursos serían capaces de enfrentar cuentas de electricidad, agua y gas, mayores que su consumo tradicional.

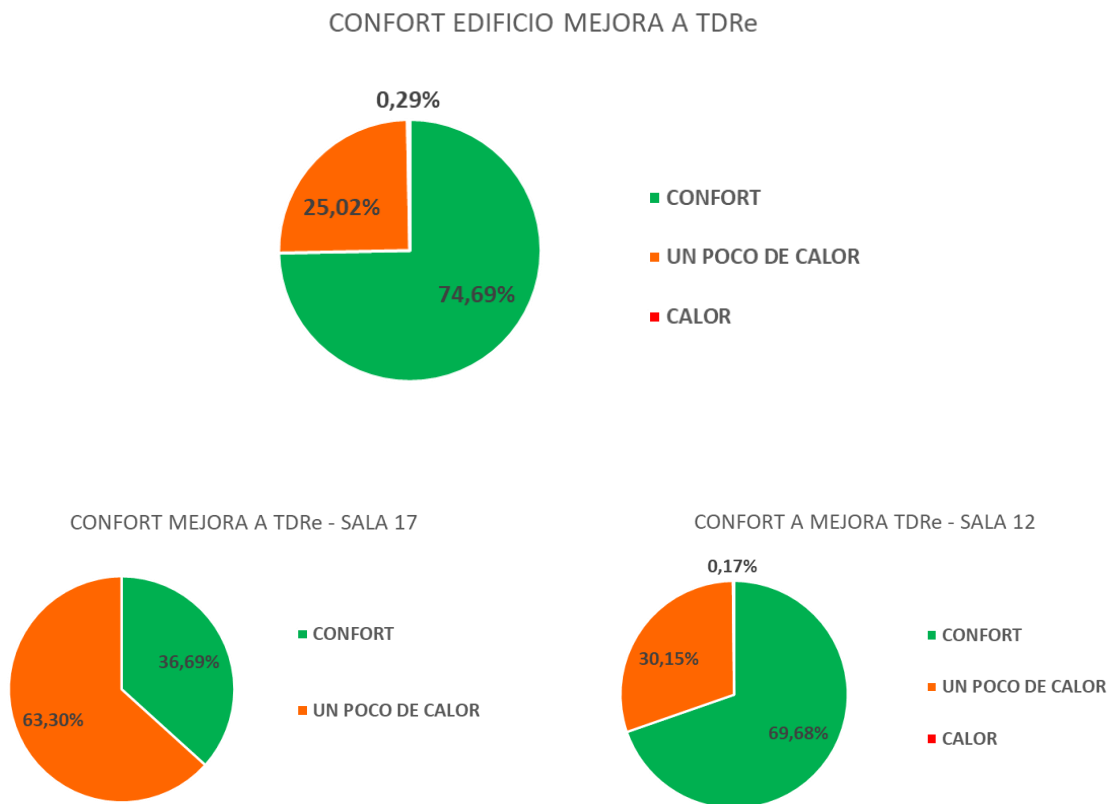
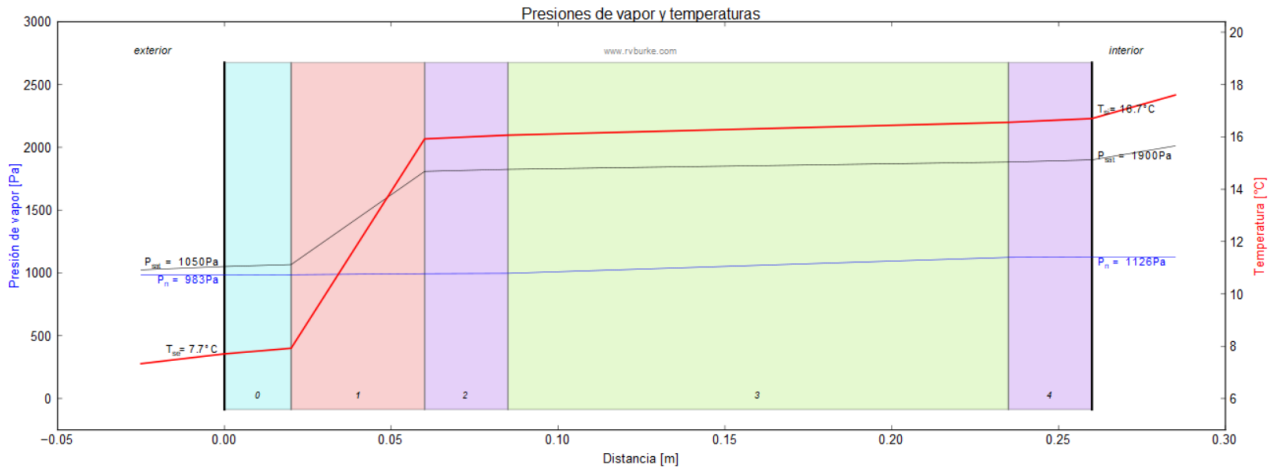


Gráfico 11. Porcentajes de confort térmico anual por salas

Las propuestas de mejoramiento abarcan todos los revestimientos, aislaciones y sistemas, el volumen de inversión es considerablemente alto, comparable al estándar SELLO OPTIMIZADO.

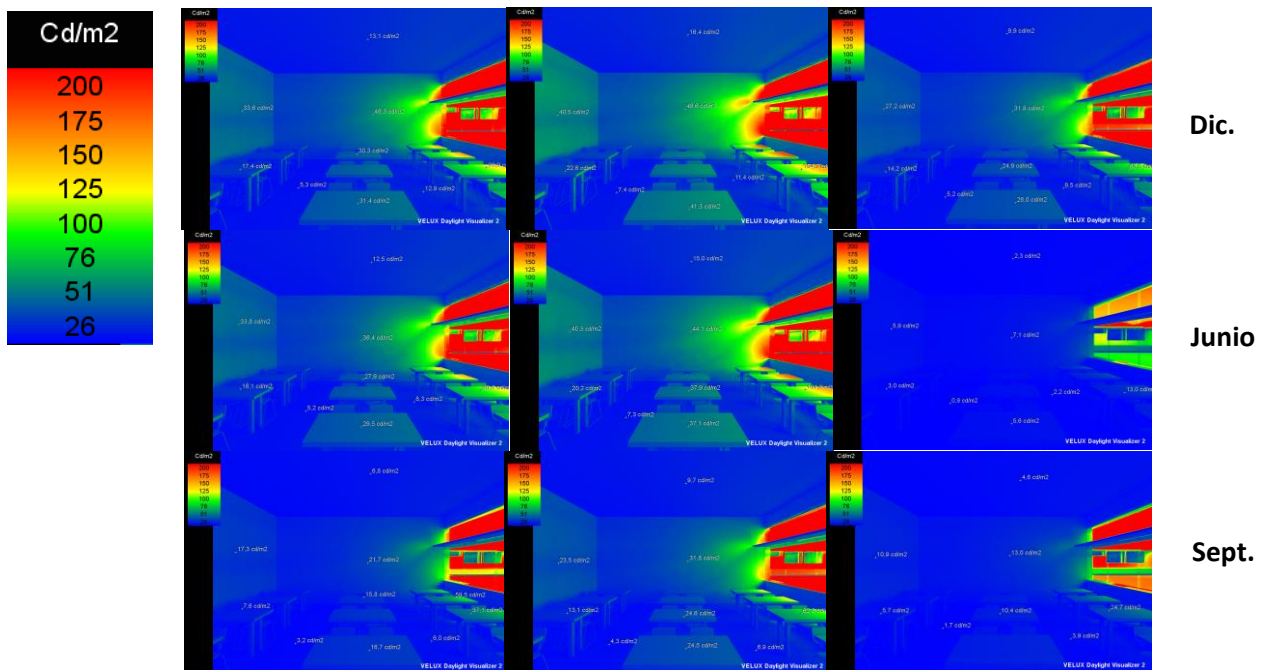
Figura 43. Resultado condensaciones.



Así, la solución de muro propuesta para el estándar TDR cumple con la resistencia a las condensaciones en el interior del muro y superficie, por tanto, la solución de ubicar la aislación al exterior, en este caso es correcta, dado que ayuda a que el muro que antes condensaba ahora se comporte como un cerramiento sin condensaciones.

6.4.2 Resultados confort lumínico

Figura 44. Luminancias en Sala N°17. Diciembre, junio y Septiembre. 9:00 – 12:00 – 16:00 hrs.



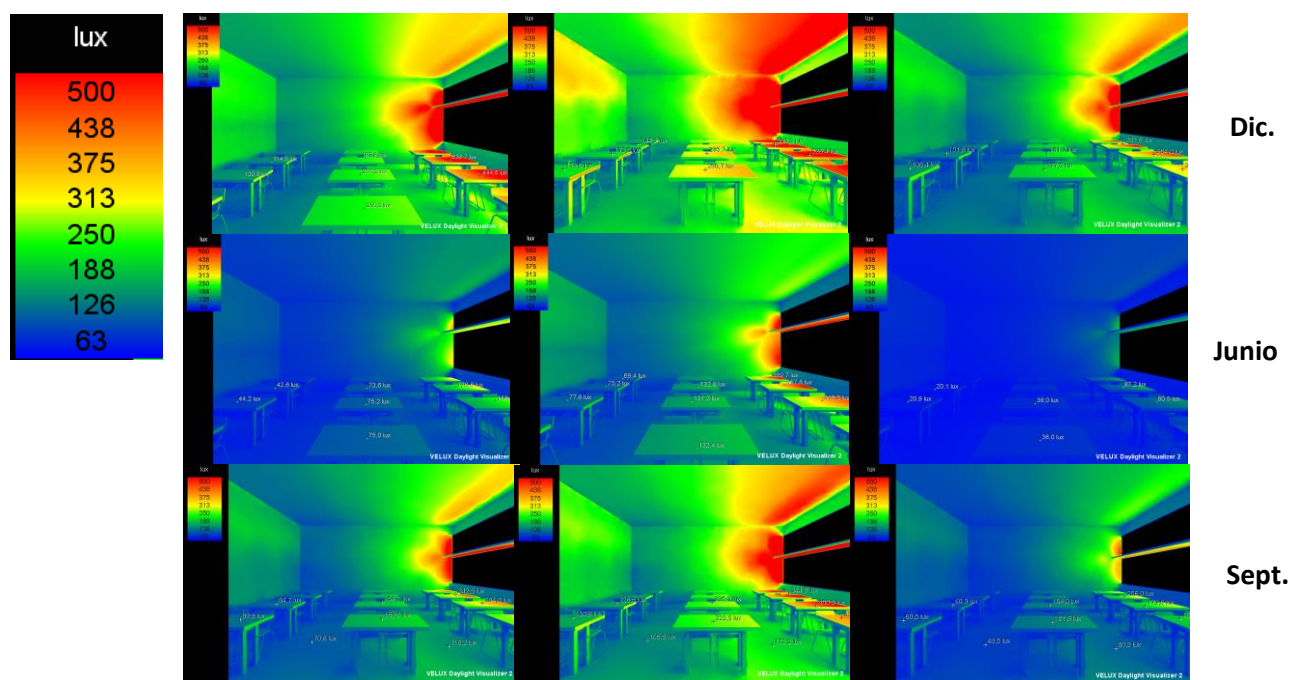
Del análisis de Luminancias en las salas de clases (Figura 44), se puede indicar que las superficies cuentan con luminancias menores a 30 cd/m^2 durante un 60% del tiempo en uso durante diciembre, lo cual es inaceptable para el estándar TDRé. Sin embargo, con la incorporación de la repisa solar y los revestimientos normativos, las luminancias de los elementos se distribuyen de mejor manera, pero aún es insuficiente en ciertos horarios (9.00 hrs y 16.00 hrs).

Durante el invierno, las luminancias mejoran su distribución al interior de las salas de clases, sin embargo, al caer la tarde (16.00 hrs) las mesas de trabajo presentan luminancias de 13 cd/m^2 , lo cual es muy oscuro.

Durante septiembre, las luminancias se distribuyen de mala forma al interior de las salas de clases y el 60% de la sala de clases cuenta con iluminación deficiente.

En general, la Uniformidad del recinto es insuficiente, pero mejora con la incorporación de la repisa solar, la cual distribuye la luz a través del cielo y permite una mejora en los recintos.

Figura 45. Iluminancias en Sala N°17. Diciembre, junio y septiembre. 9:00 – 12:00 – 16:00 hrs.



Del mismo modo, la iluminancia en el plano de trabajo (Figura 45) durante los meses de verano se distribuye de forma dispareja desde las ventanas del oriente al muro opuesto, donde las

iluminancias van desde los 500 lux a los 120 lux, lo cual como solución natural no asegura una iluminación pareja en el recinto y genera planos sobre-iluminados (en el sector de las ventanas) y otras superficies más oscuras en el sector opuesto a las ventanas. Sin embargo, la situación de iluminación mejora considerablemente al modificar los colores y porcentajes de iluminación de los muros, cielos, pisos y superficies, así como también la incorporación de repisas solares frente a todas las salas de clases, ya que, la situación del caso base es que se presentaban mesas de trabajo con 900-1000 lux al costado de las ventanas, lo cual generaba mucho discomfort visual. Con la solución actual, esas mesas no superan los 550 lux.

6.4.3 Evaluación presupuestaria

Tabla 43. Presupuesto por partidas e iniciativas de rehabilitación de infraestructura.

ITEMIZADO DE PRESUPUESTO						
Obra: MEJORAMIENTO LICEO ISIDORA AGUIRRE TUPPER						
Propietario: I.MUNICIPALIDAD DE SAN ROSENDO						
Ubicación: VALLEJOS N°530						
item	Designación	und	cant	pu	total	
1	1.- TRABAJOS PREVIOS					
	1.1	Insta. de faenas, trabajos previos.	gl	1	\$ 550.000	\$550.000
	1.2	Instalaciones provisionarias	gl	1	\$ 350.000	\$350.000
	1.3	Letrero Indicativo				
	1.4	Letrero Indicativo de obra	und	1	\$ 250.000	\$250.000
	1.5	Demoliciones				
	1.6	Limpieza sitio	und	1	\$ 300.000	\$300.000
	1.7	Replanteo, trazado y niveles	al	1	\$ 100.000	\$100.000
2	2.- INSTALACIÓN SISTEMA EIFS					
	2.1	Instalación de subestructura	m2	4160	\$ 14.800	\$61.568.000
	2.2	Poliestireno expandido 20kg/m3	m2	4160	\$ 13.500	\$56.160.000
	2.3	Estuco alivianado	m2	4160	\$ 9.200	\$38.272.000
	2.4	Pintura	m2	4160	\$ 3.600	\$14.976.000
3	3.- REPOSICIÓN VENTANAS DVH					
	3.1	Retiro y preparación de vano	m2	932	\$ 6.800	\$6.337.600
	3.2	Ventanas DVH PVC aire	m2	932	\$ 105.000	\$97.860.000
4	4.- INSTALACIÓN AISLACIÓN					
	4.1	Cambio de cubierta	m2	3292	\$ 9.800	\$32.261.600
	4.2	Poliestireno expandido 20kg/m3	m2	3292	\$ 13.500	\$44.442.000
5	5.- REVESTIMIENTO DE PISOS					
	4.1	Poliestireno expandido 20kg/m3	m2	3292	\$ 13.500	\$44.442.000
	4.2	Cadeneteado madera	m2	3292	\$ 6.000	\$19.752.000
	4.3	Terciado mueblista e=2,5cms	m2	3292	\$ 6.500	\$21.398.000
	4.4	Fibrocemento 8mm	m2	3292	\$ 13.800	\$45.429.600
	4.5	Linóleo	m2	3292	\$ 12.680	\$41.742.560
6	6.- PROTECCIÓN DE FACHADAS					
	celosías oriente/poniente	ml	183	\$ 27.600	\$5.050.800	
7	7.- AISLACIÓN ACÚSTICA					
	Panel aislado posterior	M2	520	\$ 27.600	\$14.352.000	
8	8.- CALEFACCIÓN/REFRIGERACIÓN					
	Sistema calefacción/refrigeración	m2	3739	\$ 23.900	\$89.362.100	
9	9.- SISTEMA DE ILUMINACION					
	9.1	Iluminacion LED salas	ud	263	\$ 75.000	\$19.725.000
	9.2	Iluminacion LED pasillos	ud	61	\$ 60.000	\$3.660.000
	9.3	Campana LED Gimnasio	ud	10	\$ 240.000	\$2.400.000
				Sub total neto	\$660.741.260	
				gg y utilidad	\$165.185.315	
				Sub total	\$825.926.575	
				19% iva	\$156.926.049	
				TOTAL GENERAL	\$982.852.624	

Tabla 44. Valor de inversión total por m² para estándar TDRé MOP.

Inversión total	Valor/m ²
\$ 982.852.624	\$ 224.498

6.4.4 Fuentes de financiamiento

Las fuentes de financiamiento para cada una de las iniciativas y modificaciones del caso base se detallan a continuación (Tabla 45).

Cabe mencionar, que debido a la gran cantidad de modificaciones propuestas, éstas se dividen en 9 iniciativas, las cuales pudiesen ser ejecutadas en 17 años si se realizan una a una y en tres a cuatro años, si se realizan con fondos del Gobierno regional (FNDR) de una sola vez (esto dependerá de la gestión política y la disponibilidad de presupuesto).

Tabla 45. Alternativas y fuentes de financiamiento, rango y plazo de inversión.

ALTERNATIVA	MONTO INVERSIÓN	FUENTE DE FINANCIAMIENTO	PLAZO
1+2	\$256.632.425 (IVA incluido)	FNDR	Plazo: 2-3 años
1+3	\$157.299.555 (IVA incluido)	PMI	Plazo: 1 año
1+4	\$116.402.230 (IVA incluido)	PMI – 2PMU	Plazo: 1-2 años
1+5	\$256.986.688 (IVA incluido)	FNDR	Plazo: 2-3 años
1+6	\$9.818.690 (IVA incluido)	PMU – recursos internos	Plazo: 1-2 años
1+7	\$23.654.225 (IVA incluido)	PMU	Plazo: 1 año
1+8	\$135.231.748 (IVA incluido)	PMI	Plazo: 1 año
1+9	\$40.660.812 (IVA incluido)	PMU	Plazo: 1 año
1+7+9	\$62.009.412 (IVA incluido)	PMU	Plazo: 1 año
1+2+3+4+5+6+7+8+9	\$982.852.624 (IVA incluido)	FNDR	Plazo: 2-3 años

Clasificación propuesta:



Edificios con alto nivel de eficiencia e inversión, aborda el confort acústico, confort lumínico y ventilación mediante sistemas pasivos y criterios de eficiencia energética, confort higrotérmico mayor al 85% del tiempo en uso en T° confort

6.5 Mejorar a edificio estándar Almondale Valle

El edificio base actualizado al estándar Almondale Valle busca entregar gran parte de las soluciones técnicas del edificio en el caso base de la comuna de San Rosendo.

Estas soluciones han sido evaluadas técnica y económicamente y se han plasmado en el desarrollo a continuación.

Modificaciones:

2. TÉRMICO: modificación de revestimientos:

- a. Cubierta: Se cambia cubierta a PVC termofundido sobre OSB 11mm y se instala aislación correspondiente a celulosa proyectada de 200mm 25kg/m³ densidad.
- b. Muro fachada: Se propone la instalación de sistema EIFS en todas las fachadas exteriores del edificio. Esta solución comprende 40mm de poliestireno expandido de densidad 20Kg/m³ y mortero liviano de 20mm.
- c. Pisos en contacto con el terreno: Se propone la instalación de un piso aislado en linóleo.
- d. Ventanas: Se propone una ventana con marco de Poliestireno expandido de alta densidad y doble vidriado hermético, con cámara de aire interior.

CONFORT VISUAL:

- b. Se requiere la instalación de protecciones y repisas solares en oriente y poniente.
- c. Iluminación LED controlada mediante sensores.

CONSUMO ENERGÉTICO:

Para reducción del consumo energético, se propone el cambio de los equipos de iluminación fluorescente a LED.

CALIDAD DEL AIRE INTERIOR:

Las salas de clases, deben contar con un mínimo de 2 cambios de aire/hora. Lo cual se cumplirá con el cambio de ventanas y superficie de ventilación a 20% Superficie sala.

CONFORT ACÚSTICO:

Se propone la instalación de tabique absorbente acústico y puerta aislada en todas las salas de clases.

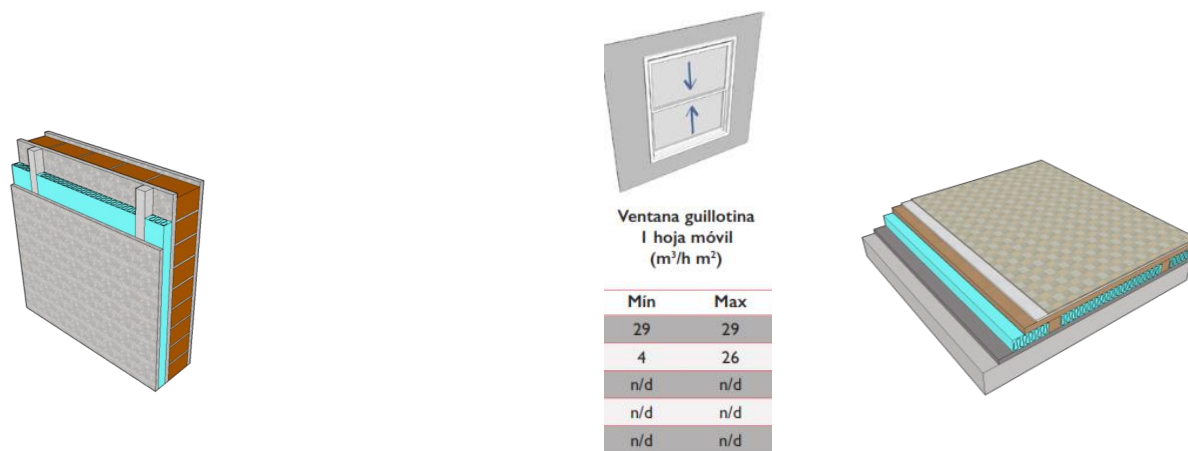


Figura 46. Soluciones constructivas caso mejorado a ALMONDALE VALLE.

Tabla 46. Soluciones constructivas para muros, cubierta y ventanas exteriores.

MURO		CUBIERTA		VENTANAS EXTERIORES		PISOS EN TERRENO	
ESTUCO	2,5 CM	PVC termofundido	5mm	VIDRIO	4MM	RADIER	15CM
ALBAÑILERIA	15 CM	OSB	11mm	AIRE	6MM	MORTERO	2 CM
ESTUCO	2,5 CM	Celulosa proyectada	20mm	VIDRIO	4MM	POL. EXP. 20 KG/M2	5 CM
POL. EXP. 20 KG/M3	4 CM			MARCO POL. EXP. ALTA DENSIDAD	3MM	MADERA	2,5 CM
CONCRETO LIVIANO	2 CM					FIBROCEMENTO	8 MM
						LINOLEO	5 MM

Las soluciones implementadas logran un comportamiento energético óptimo, puesto que casi iguala el consumo energético del caso base, esto producto de que el Edificio Almondale Valle funciona el 100% del tiempo sin calefacción ni refrigeración en las salas de clases.

Por esto, la modelación de esta alternativa se ha realizado con los sistemas apagados, salvo la ventilación mecánica, ventilación natural e iluminación.

Tabla 47. Valores de transmitancia térmica para cerramientos edificio mejorado a estándar Almondale.

VALORES U PARA CERRAMIENTOS MEJORA A ALMONDALE		
MUROS	0,536 w/m ² k	Estuco e= 2.5 cms Albañilería e= 15 cms Estuco e= 2,5 cms Pol. Exp. 20kg/m ³ e=4 cms Estuco liviano e= 2 cms
VENTANAS	1,99 w/m ² k	Marco Pol. Exp. Alta densidad e=0,3 cm Cámara de aire estanco e=6mm Vidrio simple e= 0,4 cm
CUBIERTAS	0,184 w/m ² k	PVC termofundido e= 5 mm OSB e=11mm Celulosa proyectada e=20mm
SUELO	0,541 w/m ² k	Radier e= 8 cms Mortero e=2 cms Pol. Exp. 20kg/m ³ e=5 cms Placa madera e=2.5 cms Fibrocemento e=8mm Linóleo e= 5mm
PARAMENTOS VERTICALES	1,317 w/m ² k	Revoque liviano e= 1 cms Estuco e= 2.5 cms Albañilería e= 15 cms Estuco e= 2,5 cms Revoque liviano e= 1 cms

Tabla 48. Condiciones de borde para modelo estándar Almondale.

CONDICIONES DE BORDE - Almondale	
Densidad de ocupación	0,089 pers/m ²
Total personas	390 personas
Superficie total modelación	4378 m ²
Factor metabólico	0,75
Computadores	0,5 w/m ²
Carga de iluminación	2,5 w/m ²
Iluminación	450 lux
Ventilación	3,6 a 4 rah
Aire exterior mínimo	5
Aire exterior por área	0,6 l/s*m ²
Consigna refrigeración	N/A ⁽²⁰⁾
Consigna calefacción	N/A
Horario de uso	Marzo a Diciembre 7,00 a 18,00 hrs
Infiltración n50	5 (l/h)

Tabla 49. Consumo energético edificio mejorado a estándar Almondale.

CONSUMO ENERGÉTICO	
CONSUMO TOTAL/m2	25,45 Kwh/m ²
SUPERFICIE TOTAL	4,378 m2
CONSUMO TOTAL	111.420 kWh

²⁰ No se considera sistemas activos de calefacción ni refrigeración porque el edificio Almondale Valle no considera sistemas en las salas de clases. Éstas se mantienen dentro de temperatura confort de manera pasiva. Sin embargo, se propone igualar los revestimientos y aislación del edificio, se busca evaluar si un edificio reacondicionado cumple con mantenerse en temperatura confort de manera pasiva, tal cual lo hace el edificio Almondale Valle original.

6.5.1 Resultados confort higrotérmico

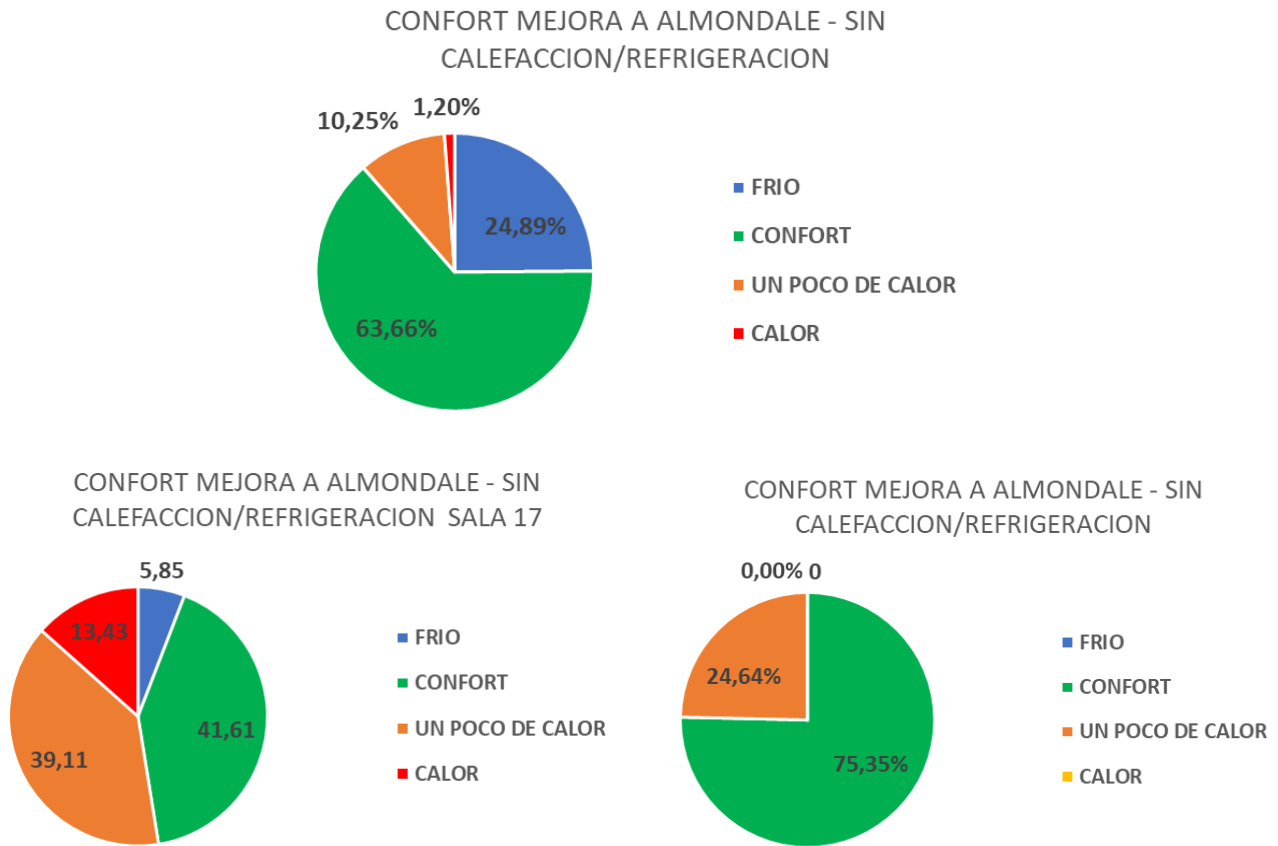


Gráfico 12. Porcentaje de confort salas mejoradas a estándar Almondale (anual).

Como se observa en el gráfico N°12, el edificio presenta Frio en invierno y calor los días de verano, la Sala N°17, ubicada en 1er piso, se sobrecalienta y presenta un 19,3% del tiempo en uso una temperatura fuera del rango de confort (frío y calor).

No así la temperatura en el 2do piso, Sala N°12, la cual se regula de mejor manera y funciona un 100% del tiempo en temperatura confort.

Sin embargo, el Edificio Almondale Valle, cuenta con aislación en sus cimientos y otras configuraciones internas en su estructura de muros y tabiques, aparte de las consideraciones pasivas consideradas en la morfología de sus recintos, razón por la cual el comportamiento del edificio base versus el edificio Almondale Valle, es completamente diferente.

El edificio base en este estándar presenta un consumo energético bajo lo cual es muy beneficioso, pero por el contrario, presenta un confort higrotérmico que entrega un 26% del tiempo en uso en temperatura fría o muy caluroso, totalmente fuera del rango de confort, situación que no es admisible en este estudio.

Por este motivo, se realizará la modelación con los sistemas activos y veremos cómo se comporta el edificio base.

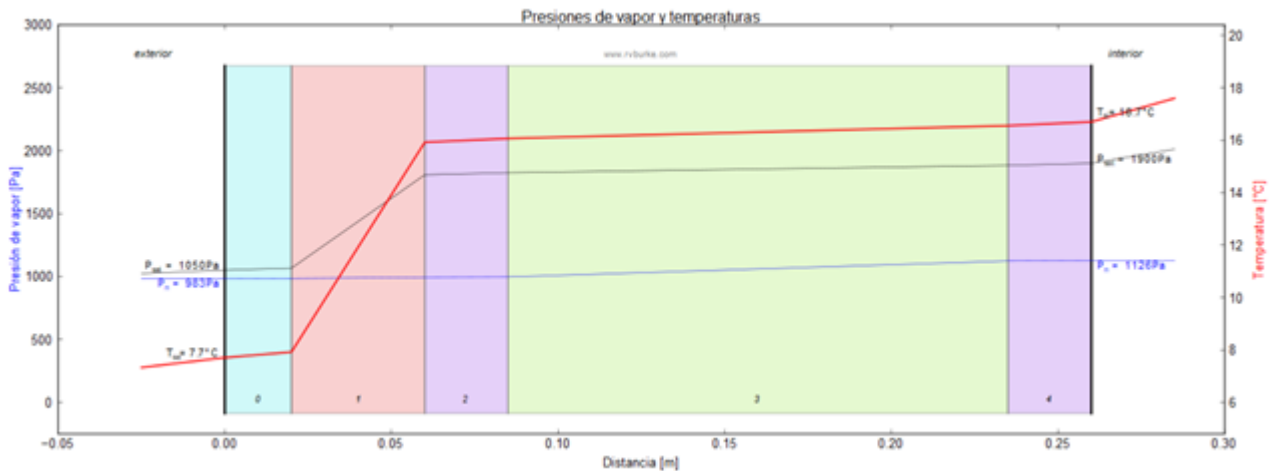


Figura 47. Resultado condensaciones.

6.5.2 Resultados confort lumínico

En esta etapa, la incorporación de repisas solares sin modificación de los vanos de ventanas existentes, genera un resultado similar al estándar TDRe, por lo tanto, en esta alternativa la diferencia la marca el sistema de sensores de iluminación artificial, la cual complementa de manera óptima la iluminación natural.

Es importante mencionar, que el sistema de sensores asegura que el confort visual en todas las tareas visuales que se realizan en el edificio sea de manera apropiada y óptima, en embargo, el comportamiento energético de esta alternativa no pudo ser evaluada ni modelada en el software Design builder, por lo tanto, el valor entregado es un valor que resume los requerimientos de tareas visuales para el programa (entre 700 y 300 lux).

6.5.3 Evaluación presupuestaria

Tabla 50. Presupuesto por partidas e iniciativas de rehabilitación de infraestructura.

ITEMIZADO DE PRESUPUESTO					
Obra: MEJORAMIENTO LICEO ISIDORA AGUIRRE TUPPER Propietario: I.MUNICIPALIDAD DE SAN ROSENDO Ubicación: VALLEJOS N°530					
item	Designacion	und	cant	pu	total
1.- TRABAJOS PREVIOS					
1,1	Insta. de faenas, trabajos previos.	gl	1	\$ 550.000	\$550.000
1,2	Instalaciones provisorias	gl	1	\$ 350.000	\$350.000
1,3	Letrero Indicativo				
1,4	Letrero Indicativo de obra	und	1	\$ 250.000	\$250.000
1,5	Demoliciones				
1,6	Limpieza sitio	und	1	\$ 300.000	\$300.000
1,7	Replanteo, trazado y niveles	gl	1	\$ 100.000	\$100.000
2.- INSTALACIÓN SISTEMA EIFS					
2,1	Instalación de subestructura	m2	4160	\$ 14.800	\$61.568.000
2,2	Poliestireno expandido 20kg/m3	m2	4160	\$ 13.500	\$56.160.000
2,3	Estuco alivianado	m2	4160	\$ 9.200	\$38.272.000
2,4	Pintura	m2	4160	\$ 3.600	\$14.976.000
3.- REPOSICIÓN VENTANAS DVH					
3,1	Retiro y preparación de vano	m2	932	\$ 6.800	\$6.337.600
3,2	Ventanas DVH Pol.Exp. Alta densidad aire	m2	932	\$ 155.000	\$144.460.000
4.- INSTALACIÓN AISLACIÓN					
4,1	Cambio de cubierta a PVC Termofundido	m2	3292	\$ 9.800	\$32.261.600
4,2	Encamisado OSB	m3	3292	\$ 6.500	\$21.398.000
4,3	Celulosa proyectada 25kg/m3	m2	3292	\$ 8.040	\$26.467.680
5.- REVESTIMIENTO DE PISOS					
5,1	Poliestireno expandido 20kg/m3	m2	3292	\$ 13.500	\$44.442.000
5,2	Cadeneteado madera	m2	3292	\$ 6.000	\$19.752.000
5,3	Terciado mueblista e=2,5cms	m2	3292	\$ 6.500	\$21.398.000
5,4	Fibrocemento 8mm	m2	3292	\$ 13.800	\$45.429.600
5,5	Linóleo	m2	3292	\$ 12.680	\$41.742.560
6.- PROTECCIÓN DE FACHADAS					
6,1	celosías oriente/poniente	ml	183	\$ 27.600	\$5.050.800
7.- AISLACIÓN ACÚSTICA					
7,1	Panel aislado posterior	m2	520	\$ 27.600	\$14.352.000
7,2	Cambio puerta aislada	ud	51	\$ 148.000	\$7.548.000
8.- SISTEMA DE ILUMINACION					
8,1	Iluminacion LED salas	ud	263	\$ 75.000	\$19.725.000
8,2	Iluminacion LED pasillos	ud	61	\$ 60.000	\$3.660.000
8,3	Campana LED Gimnasio	ud	10	\$ 240.000	\$2.400.000
				Sub total neto	\$628.950.840
				gg y utilidad	\$157.237.710
				Sub total	\$786.188.550
				19% iva	\$149.375.825
				TOTAL GENERAL	\$935.564.375

6.5.4 Fuentes de financiamiento

Tabla 51. Alternativas y fuentes de financiamiento, rango y plazo de inversión.

ALTERNATIVA	MONTO INVERSIÓN	FUENTE DE FINANCIAMIENTO	PLAZO
1+2	\$256.632.425 (IVA incluido)	FNDR	Plazo: 2-3 años
1+3	\$226.617.055 (IVA incluido)	PMI	Plazo: 1 año
1+4	\$121.494.954 (IVA incluido)	PMI – 2PMU	Plazo: 1-2 años
1+5	\$259.292.313 (IVA incluido)	FNDR	Plazo: 2-3 años
1+6	\$ 9.818.690 (IVA incluido)	PMU – recursos internos	Plazo: 1-2 años
1+7	\$ 34.881.875 (IVA incluido)	PMU	Plazo: 1 año
1+8	\$ 40.660.813 (IVA incluido)	PMU	Plazo: 1 año
1+2+3+4+5+6+7+8	\$935.564.375 (IVA incluido)	FNDR	Plazo: 2-3 años

Clasificación propuesta:



Edificios con mediano nivel de eficiencia e inversión, aborda el confort higrotérmico mayor al 65% del tiempo en uso en T° confort

6.6 Mejorar a edificio estándar Almondale valle optimizado

CALEFACCIÓN/REFRIGERACIÓN:

Se modelará el edificio con los sistemas activados, puesto que los resultados de confort al interior de las salas de clases no fueron los esperados.

El consumo energético del edificio simulado se duplica con respecto al caso base, pero el confort higrotérmico, visual y acústico se mejora considerablemente.

Bajo estas condiciones, en el análisis de confort higrotérmico, se logra apreciar que el edificio se encuentra un 100% del tiempo en temperatura confort, siendo un 12.46% el ambiente con un poco de calor y un 87.53% en temperatura confort según la norma EN 15.251.

Tabla 52. Valores de transmitancia térmica para cerramientos edificio mejorado a estándar Almondale Optimizado.

VALORES U PARA CERRAMIENTOS MEJORA A ALMONDALE OPTIMIZADO		
MUROS	0,536 w/m ² k	Estuco e= 2.5 cms Albañilería e= 15 cms Estuco e= 2,5 cms Pol. Exp. 20kg/m ³ e=4 cms Estuco liviano e= 2 cms
VENTANAS	1,99 w/m ² k	Marco Pol. Exp. Alta densidad e=0,3 cm Cámara de aire estanco e=6mm Vidrio simple e= 0,4 cm
CUBIERTAS	0,184 w/m ² k	PVC termofundido e= 5 mm OSB e=11mm Celulosa proyectada e=20mm
SUELO	0,541 w/m ² k	Radier e= 8 cms Mortero e=2 cms Pol. Exp. 20kg/m ³ e=5 cms Placa madera e=2.5 cms Fibro cemento e=8mm Linóleo e= 5mm
PARAMENTOS VERTICALES	1,317 w/m ² k	Revoque liviano e= 1 cms Estuco e= 2.5 cms Albañilería e= 15 cms Estuco e= 2,5 cms Revoque liviano e= 1 cms

Tabla 53. Condiciones de borde para modelo estándar Almondale optimizado.

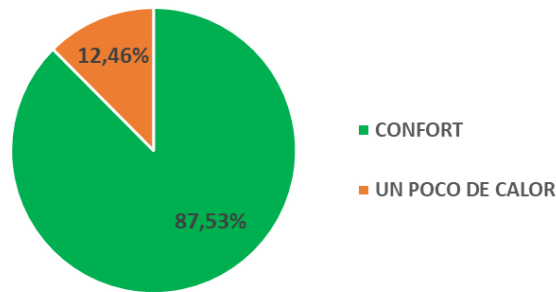
CONDICIONES DE BORDE - Almondale Optimizado	
Densidad de ocupación	0,089 pers/m ²
Total personas	390 personas
Superficie total modelación	4378 m ²
Factor metabólico	0,75
Computadores	0,5 w/m ²
Carga de iluminación	2,5 w/m ²
Iluminación	450 lux
Ventilación	3,6 a 4 rah
Aire exterior mínimo	5
Aire exterior por área	0,6
Consigna refrigeración	25°C
Consigna calefacción	20°C
Horario de uso	Marzo a Diciembre 7,00 a 18,00 hrs
Infiltración n50	5 (l/h)

Tabla 54. Consumo energético edificio mejorado a estándar Almondale Optimizado.

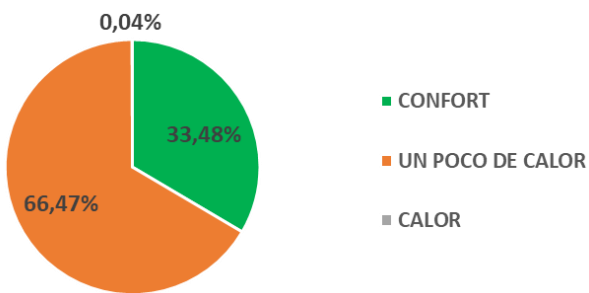
CONSUMO ENERGÉTICO	
CONSUMO TOTAL/m2	48,20 Kwh/m2
SUPERFICIE TOTAL	4,378 m2
CONSUMO TOTAL	211.019 Kwh

6.6.1 Resultados confort higrotérmico

CONFORT A MEJORA ALMONDALE



CONFORT MEJORA A ALMONDALE - SALA 17



CONFORT MEJORA A ALMONDALE - SALA 12

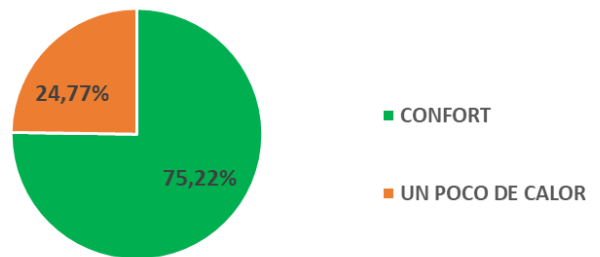


Gráfico 13. Porcentaje de confort salas mejoradas a estándar Almondale Optimizado (anual).

La inversión considerada para este proyecto, es la más alta del estudio, puesto que incorpora materiales poco convencionales, no obstante, es muy similar a la inversión para un edificio estándar SELLO o TDRé.

6.6.2 Evaluación presupuestaria

Tabla 55. Presupuesto por partidas e iniciativas de rehabilitación de infraestructura.

ITEMIZADO DE PRESUPUESTO						
Obra: MEJORAMIENTO LICEO ISIDORA AGUIRRE TUPPER						
Propietario: I.MUNICIPALIDAD DE SAN ROSENDO						
Ubicación: VALLEJOS N°530						
item	Designación	und	cant	pu	total	
1	1.- TRABAJOS PREVIOS					
	1.1	Insta. de faenas, trabajos previos.	gl	1	\$ 550.000	\$550.000
	1.2	Instalaciones provisionales	gl	1	\$ 350.000	\$350.000
	1.3	Letrero Indicativo				
	1.4	Letrero Indicativo de obra	und	1	\$ 250.000	\$250.000
	1.5	Demoliciones				
	1.6	Limpieza sitio	und	1	\$ 300.000	\$300.000
	1.7	Replanteo, trazado y niveles	gl	1	\$ 100.000	\$100.000
2	2.- INSTALACIÓN SISTEMA EIFS					
	2.1	Instalación de subestructura	m2	4160	\$ 14.800	\$61.568.000
	2.2	Poliestireno expandido 20kg/m3	m2	4160	\$ 13.500	\$56.160.000
	2.3	Estuco alivianado	m2	4160	\$ 9.200	\$38.272.000
	2.4	Pintura	m2	4160	\$ 3.600	\$14.976.000
3	3.- REPOSICIÓN VENTANAS DVH					
	3.1	Retiro y preparación de vano	m2	932	\$ 6.800	\$6.337.600
	3.2	Ventanas DVH Pol.Exp. Alta densidad aire	m2	932	\$ 155.000	\$144.460.000
4	4.- INSTALACIÓN AISLACIÓN					
	4.1	Cambio de cubierta a PVC Termofundido	m2	3292	\$ 9.800	\$32.261.600
		Encamisado OSB	m3	3292	\$ 6.500	\$21.398.000
	4.2	Celulosa proyectada 25kg/m3	m2	3292	\$ 8.040	\$26.467.680
5	5.- REVESTIMIENTO DE PISOS					
	4.1	Poliestireno expandido 20kg/m3	m2	3292	\$ 13.500	\$44.442.000
	4.2	Cadeneteado madera	m2	3292	\$ 6.000	\$19.752.000
	4.3	Terciado mueblista e=2,5cms	m2	3292	\$ 6.500	\$21.398.000
	4.4	Fibro cemento 8mm	m2	3292	\$ 13.800	\$45.429.600
	4.5	Linóleo	m2	3292	\$ 12.680	\$41.742.560
6	6.- PROTECCIÓN DE FACHADAS					
		celosías oriente/poniente	ml	183	\$ 27.600	\$5.050.800
7	7.- AISLACIÓN ACÚSTICA					
		Panel aislado posterior	m2	520	\$ 27.600	\$14.352.000
		Cambio puerta aislada	ud	51	\$ 148.000	\$7.548.000
8	8.- CALEFACCIÓN/REFRIGERACIÓN					
		Sistema calefacción/refrigeración	m2	3739	\$ 23.900	\$89.362.100
9	9.- SISTEMA DE ILUMINACION					
	9.1	Iluminacion LED salas	ud	263	\$ 75.000	\$19.725.000
	9.2	Iluminacion LED pasillos	ud	61	\$ 60.000	\$3.660.000
	9.3	Campana LED Gimnasio	ud	10	\$ 240.000	\$2.400.000
				Sub total neto	\$718.312.940	
				gg y utilidad	\$179.578.235	
				Sub total	\$897.891.175	
				19% iva	\$170.599.323	
				TOTAL GENERAL	\$1.068.490.498	

6.6.3 Fuentes de financiamiento

Tabla 56. Alternativas y fuentes de financiamiento, rango y plazo de inversión.

ALTERNATIVA	MONTO INVERSIÓN	FUENTE DE FINANCIAMIENTO	PLAZO
1+2	\$256.632.425 (IVA incluido)	FNDR	Plazo: 2-3 años
1+3	\$226.617.055 (IVA incluido)	PMI	Plazo: 1 año
1+4	\$121.494.954 (IVA incluido)	PMI – 2PMU	Plazo: 1-2 años
1+5	\$259.292.313 (IVA incluido)	FNDR	Plazo: 2-3 años
1+6	\$ 9.818.690 (IVA incluido)	PMU – recursos internos	Plazo: 1-2 años
1+7	\$ 34.881.875 (IVA incluido)	PMU	Plazo: 1 año
1+8	\$135.231.749 (IVA incluido)	PMI	Plazo: 1 año
1+9	\$ 40.660.813 (IVA incluido)	PMU	Plazo: 1 año
1+2+3+4+5+6+7+8+9	\$1.068.490.498 (IVA incluido)	FNDR	Plazo: 2-3 años

Clasificación propuesta:



Edificios con alto nivel de eficiencia e inversión, además de completo programa educativo relacionado. Cuenta con sistemas de control y gestión inteligente de la energía, aborda el confort acústico, confort lumínico por recintos mediante sistemas automatizados, ventilación mecánica, confort higrotérmico mayor al 95% del tiempo en uso en T° confort

Capítulo 7 CONCLUSIÓN

La planificación de la inversión actualmente es muy difícil de abordar puesto que depende en gran medida de la gestión política y el acontecer nacional. Sin embargo, cuando se tiene claro el foco del problema, podemos proyectar – a priori - un proceso de inversión y en este caso, de mejoramiento o rehabilitación de infraestructura.

Como se ha observado a lo largo de la presente tesis, los fondos de inversión son variados, sin embargo, limitados cuando se trata de intervenir en establecimientos amplios en superficie (debido a los costos asociados).

El presente estudio, que se ha realizado en un establecimiento educacional de la región del Biobío, específicamente en la comuna de San Rosendo, se planteó investigar sobre las vías de mejoramiento o rehabilitación de infraestructura presentes en la actualidad con el objetivo de establecer la brecha de cumplimiento de estándares nacionales para rehabilitación energética y ambiental de establecimientos educacionales públicos de la región del Bío Bio. Se ha podido establecer que existen múltiples caminos para llegar al mismo resultado, unos más cortos que otros (FNDR) y otros significativamente más largos (método uno a uno).

En la gráfica N°14 que se presenta a continuación, podemos observar los años – a priori – que tomaría adoptar cada proceso de mejoramiento de infraestructura en el establecimiento si se tomara el camino más largo (que muchas veces es el más común, puesto que es más realista), el camino de solicitar los recursos uno a uno.

Los recursos públicos difícilmente se entregan con la fluidez que se expresa en este estudio, ya que depende de muchas situaciones que no dependen directamente del desarrollo profesional de un proyecto, en general, son procesos políticos y, por lo tanto, depende de cada consejero regional financiar alguna iniciativa.

Esta situación cambiará cuando se incorporen la totalidad de los Centros Locales de Educación y finalmente el sistema educativo pase a formar parte del Ministerio de Educación.

Así, los años de proyectos sucesivos están entre 12 y 14 años, para implementar un sistema con alto rendimiento energético y alto confort ambiental. Sin embargo, la inversión para desarrollar este tipo de proyectos de rehabilitación también es alta, tanto económica como profesionalmente.

Sin una alta inversión en todos los revestimientos del edificio, el consumo energético se dispara y hace que el edificio gaste mucha energía en tratar de calefaccionar/refrigerar los recintos. Lo cual no es sustentable en el tiempo para este tipo de establecimientos, ya que los costos de mantención serían elevados.

Gráfico 14. Tiempo de inversión distintas alternativas de rehabilitación de infraestructura.

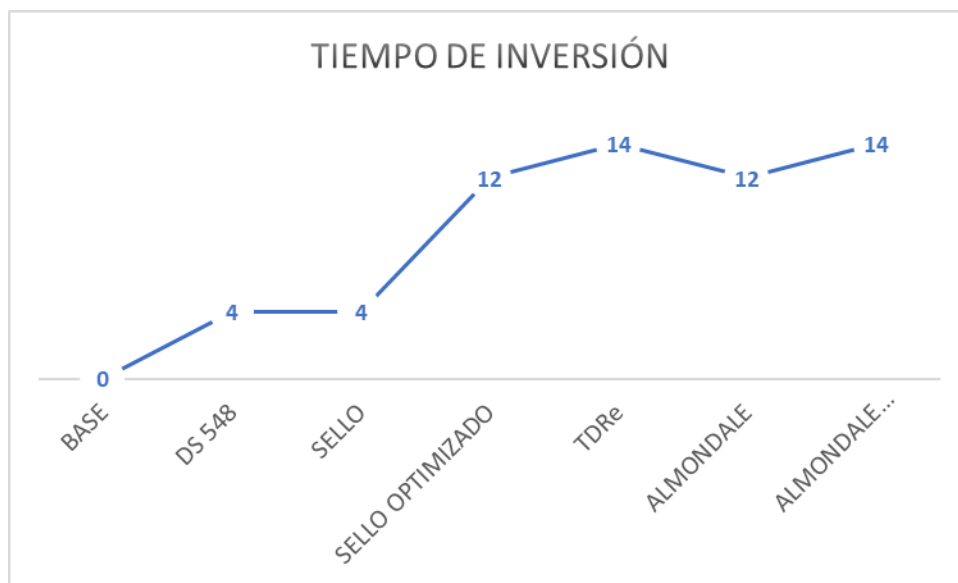
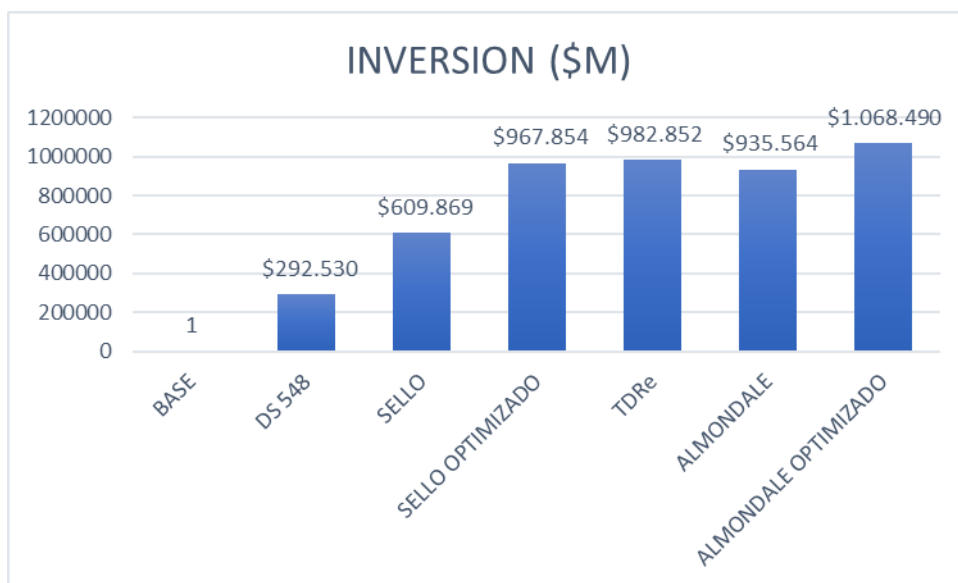


Gráfico 15. Inversión para los distintos niveles de rehabilitación energética.

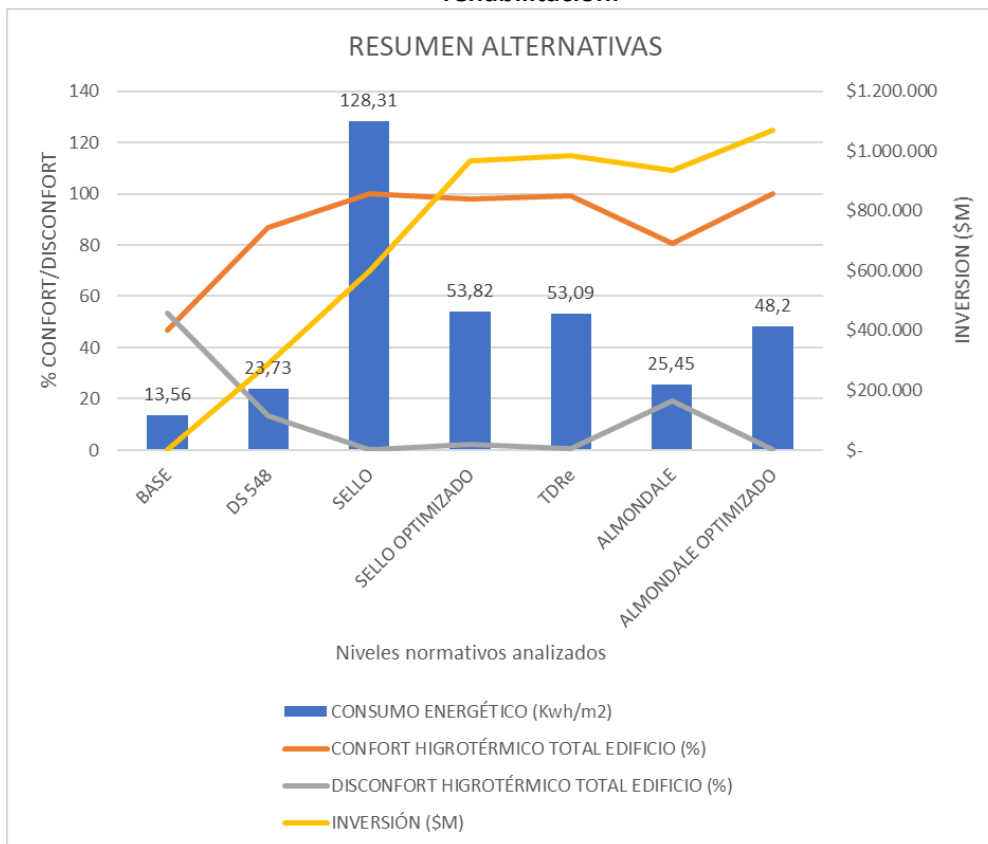


También y centrándonos estrictamente en el desconfort en el edificio educacional, este se presenta alto en las alternativas BASE, DS548 y ALMONDALE, razón por la cual estas soluciones no son recomendables.

Por el contrario, las alternativas con mejor confort higrotérmico son SELLO, SELLO OPTIMIZADO, TDRé y ALMONDALE OPTIMIZADO, sin embargo, requieren alta inversión de recursos y los resultados no son similares a un edificio eficiente energéticamente concebido desde su etapa de diseño. Tal es la diferencia entre el Colegio Almondale Valle, con un rendimiento energético de 25.341 Kw-año y 18.3 Kw-año/m², mientras que el Liceo Isidora Aguirre Tupper mejorado al mismo estándar (aproximado, principalmente en sus revestimientos), consume 201.475 Kw-año y 46,02 Kw-año/m² (251% menos eficiente).

Bajo estas condiciones se puede establecer que existe una brecha en tiempo que puede durar entre 12 a 14 años por establecimiento educacional, para rehabilitar energética y ambientalmente un edificio, lo que se multiplica cuando un Municipio tiene más de un establecimiento educacional.

Gráfico 16. Resumen de alternativas: Confort/disconfort v/s inversión por alternativas de rehabilitación.



Bajo este prisma, que es una visión estimada del tiempo que demoraría rehabilitar un establecimiento educacional público, es importante observar esta situación a nivel regional, donde tendríamos lo siguiente:

Tabla 39. Cantidad de establecimientos educacionales públicos dependientes por comuna.

Provincia de Concepción	254
Concepción	36
Coronel	28
Chiguayante	9
Florida	17
Hualqui	22
Lota	15
Penco	15
San Pedro de la Paz	11
Santa Juana	22
Talcahuano	35
Tomé	32
Hualpén	12

Provincia del Biobío	206
Los Angeles	47
Antuco	4
Cabrero	20
Laja	15
Mulchén	24
Nacimiento	22
Negrete	4
Quilaco	7
Quilleco	14
San Rosendo	4
Santa Bárbara	14
Tucapel	13
Yumbel	13
Alto Biobío	5

Provincia de Arauco	138
Lebu	18
Arauco	32
Cañete	26
Contulmo	15
Curanilahue	18
Los Alamos	13
Tirúa	16

Provincia de Ñuble	345
Chillán	45
Bulnes	18
Cobquecura	16
Coilemu	17
Coihueco	26
Chillán Viejo	7
El Carmen	25
Ninhue	9
Ñiquén	13
Pemuco	13
Pinto	14
Portezuelo	5
Quillón	13
Quirihue	18
Ránquil	9
San Carlos	34
San Fabián	6
San Ignacio	15
San Nicolás	15
Treguaco	11
Yungay	16

Ciudades como Los Ángeles, Chillán, Concepción, Coronel, las cuales cuentan con gran cantidad de establecimientos educacionales públicos, el esfuerzo para desarrollar los proyectos y aprobarlos en el Banco Integrado de proyectos es considerable. El tiempo que se tome cada Municipio en

aprobar y ejecutar cada proyecto FNDR podría llegar incluso hasta los 12-14 años por establecimiento (aunque se pueden generar iniciativas paralelas).

Bajo estos antecedentes, podríamos definir que se puede rehabilitar los establecimientos educacionales públicos bajo parámetros de eficiencia energética y ambiental, a través de las fuentes de financiamiento disponibles en la actualidad, sin embargo, la brecha en tiempo es excesiva, así como también, la brecha profesional para el desarrollo de los proyectos de rehabilitación energética.

En el presente estudio, se han presentado alternativas reales y simples de evaluar por profesionales municipales, de modo tal que la solución no pase por la contratación de profesionales especialistas y finalmente, puedan ser implementadas por los profesionales que actualmente se encuentran en cada Municipio o corporación de educación.

También existe la condición que cada Municipio planifica sus inversiones en todas las áreas que le corresponden, es decir, Educación, cultura, deporte, servicios, salud, etc., y es improbable que “educación” sea la prioridad de la inversión del Municipio, por lo tanto, es fundamental definir una **hoja de ruta que establezca las principales directrices para rehabilitar los establecimientos educacionales públicos.**

Asimismo, la rehabilitación de edificios es un camino que no siempre obtiene resultados similares a un **edificio diseñado** con los mismos estándares, por lo tanto, la eficiencia de las soluciones no es tan considerable en términos de consumo energético. Sí podría llegar a serlo en términos de confort ambiental, pero el costo energético podría ser alto en comparación con el consumo energético histórico de un edificio educacional, como es el caso analizado.

El consumo energético total del Liceo Isidora Aguirre Tupper es de 13.56 Kwh/m², el cual solo se ve acrecentado por el consumo de leña en invierno (50 m³). Sin embargo, cualquiera de las soluciones planteadas al menos triplica el consumo energético del edificio, por lo tanto, su mantención se vuelve una situación crítica para el sostenedor.

Esto nos refleja que la implementación de estándares de eficiencia energética de forma tardía para el edificio, entrega una solución no óptima para efectos del resultado económico, pero sí son aplicables en términos del confort al interior de los edificios.

La propuesta de clasificación de los edificios, solo se planteó en términos del confort higrotérmico, sin embargo, la complejidad de lograr un sistema que funcione en un edificio rehabilitado no se ha podido capturar y valorar en una clasificación. El ahorro energético no es una variable a considerar, ya que todas las alternativas analizadas al menos duplican el consumo energético del caso base (consumo que de por sí es muy bajo), por lo tanto, la optimización de la energía no es el camino para valorar una rehabilitación de infraestructura. Del mismo modo, tampoco se puede aplicar el criterio del MIDESO en términos de valorar la alternativa más económica, puesto que esto tampoco es reflejo de una buena solución de rehabilitación.

En general, un proceso exitoso de rehabilitación de infraestructura educacional, deberá necesariamente ser una inversión que intervenga gran parte de los revestimientos y sistemas del edificio, para así garantizar un comportamiento uniforme de todo el edificio. Y dependiendo del estado de la infraestructura, existe una alta probabilidad que la inversión sea alta para lograr que el edificio se comporte como un edificio de alto estándar y eficiencia. Sin embargo, cuando se trata de confort higrotérmico, la inversión alta funciona y efectivamente mejora el comportamiento higrotérmico del edificio, lo cual para efectos de este estudio es un punto importante, puesto que, pese a que ninguna alternativa logra ser tan eficiente en términos de consumo energético, sí funcionan considerablemente en términos del confort higrotérmico, disminuyendo de manera significativa el discomfort al interior del establecimiento.

Es así como rehabilitar estos edificios para efectos de sanear los espacios interiores, mejorar las condiciones de habitabilidad de los edificios, y finalmente democratizar los espacios educativos entregando calidad en su infraestructura, puede plantearse como una política pública efectiva a la hora de mejorar la calidad en la educación pública. Sin embargo, la brecha de tiempo, brecha profesional y brecha económica es alta, por lo tanto, proyectar un proceso de rehabilitación de infraestructura sostenida en el tiempo, es la vía para no permitir que los establecimientos educacionales públicos del país se sigan deteriorando junto con la calidad de la educación pública.

Capítulo 8 BIBLIOGRAFÍA

- **Agencia Chilena de Eficiencia Energética (AChEE). 2014.** *Guía autodiagnóstico Eficiencia energética para establecimientos educacionales.* Santiago : s.n., 2014.
- **Centro de Investigación en Tecnologías de la Construcción - Universidad del Biobío, (CITEC UBB). 2012.** *Guía Eficiencia Energética para Establecimientos Educacionales.* Concepción: s.n., 2012.
- **Gatica Fuentes, Nancy. 2011.** *Eficiencia Energética en la infraestructura educacional pública: análisis de herramientas de gestión para su implementación en la región del Biobío.* Concepción: s.n., 2011.
- **Juan Antonio Castillo, Maureen Trebilcock, Beatriz Piderit. 2014.** *Estrategias de diseño sustentable, aplicadas a establecimientos educacionales.* Concepción: s.n., 2014.
- **Piggot, Jeremy y Inostroza, Manuel. 2015.** *Rehabilitación energética en establecimientos educacionales: desarrollo de herramienta de diagnóstico y propuestas aplicables en Concepción.* Concepción: s.n., 2015.
- **Programa de Estudios e Investigaciones en Energía, Universidad de Chile. 2010.** *Estudio de bases para la elaboración de un Plan Nacional de Acción de Eficiencia Energética 2010-2020.* Santiago: s.n., 2010.
- **Vivanco, Franklin. 2017.** *Integración del concepto cero energías para establecimientos educacionales en Chile.* Concepción: s.n., 2017.
- **Serie Evidencias N°33, año 2016.** Competencias de la población adulta en Chile: Resultados PIAAC. Evidencia nacional e internacional para la Reforma en marcha. Centro de estudios MINEDUC.
- **Ivan Capdevila, Elisa Linares y Ramon Folch. 1ª edición, 2012.** Eficiencia energética en la rehabilitación de edificios.

- **Isabela Velázquez, Carlos Verdaguer, Alfonso Sanz y Gloria Gómez. Año 2017** Rehabilitación energética de viviendas: cómo mejorar la calidad de vida y combatir el cambio climático.
- **Hoja de ruta 2014-2020. 2013.** Calidad, equidad, inclusión y educación pública. La reforma educativa que Chile necesita. Educación 2020.
- **David Bravo Dante Contreras Claudia Sanhueza, Julio, 1999.** Rendimiento Educativo, Desigualdad, Y Brecha De Desempeño Privado/Público: Chile 1982-1997. Departamento de Economía Universidad de Chile.
- **OREALC/UNESCO Santiago, 2017.** Suficiencia, equidad y efectividad de la infraestructura escolar en América Latina según el TERCE. Publicado en 2017 por la Oficina Regional de Educación para América Latina y el Caribe.
- **Jesús Duarte Carlos Gargiulo Martín Moreno. Banco Interamericano de Desarrollo 2011.** Infraestructura Escolar y Aprendizajes en la Educación Básica Latinoamericana: Un análisis a partir del SERCE.
- **Dagmar Raczynski, Gonzalo Muñoz.** Efectividad escolar y cambio educativo en condiciones de pobreza en Chile.
- **Rosendo Pujol Mesalles, Karla Barrantes Chaves, Eduardo Pérez Molina, Leonardo Sánchez Hernández, Delio Robles Loiza. 2013.** Formas de atención de la demanda de infraestructura educativa y calidad de los ambientes de aprendizaje que se construyen. Casos de estudio en colegios de la GAM, Costa Rica. Programa de Investigación en Desarrollo Urbano Sostenible, Universidad de Costa Rica.
- **Dante Contreras, Víctor Macías 2002.** Desigualdad educacional en Chile: geografía y dependencia.
- **Mayo 2017.** Brechas y Estándares de gobernanza de la infraestructura pública en Chile. Análisis de gobernanza de infraestructura.

- **José Luis Morote Salmerón.** Ejemplo rehabilitación energética de un edificio según el plan estatal.
- **Gobierno de Chile, Ministerio de economía, año 2008.** Informe final auditoría energética a colegios del sistema nacional de certificación ambiental escolar (SNCAE) y otros establecimientos de las regiones del Biobío y la Araucanía.
- **José Pedro Campos, Revista ambiente y desarrollo, Julio 1992.** Gestión ambiental en la localidad: Incentivo a la eficiencia térmica habitacional en la comuna de La Florida.
- **Maureen Eileen Trebilcock Kelly, 15 de Marzo 2016.** Metodología para el análisis dinámico del confort térmico en el proceso de diseño arquitectónico de establecimientos educacionales en Chile.
- **Maureen Eileen Trebilcock Kelly, 5 de octubre de 2015.** Metodología para el diseño de edificios educacionales confortables y resilientes.
- **Montserrat Bosch González, Inmaculada Rodríguez Cantalapiedra, Javier Álvarez del Castillo.** Rehabilitación energética de edificios escolares en clima mediterráneo: caso de estudio, Barcelona.
- **José Manuel Castro Vázquez.** Rehabilitación energética de centros escolares. Estrategias para alcanzar edificios rehabilitados de consumo casi nulo en zonas climáticas C1, C2 y D1.
- **José Carlos Greciano Merino.** PREIS- Proyectos Piloto de Rehabilitación Energética Integral.
- **Clio Dinámicas Asesorías, Consultoría e Ingeniería Limitada.** Evaluación de implementación del Fondo de Apoyo a la Educación Pública. Informe Final. Abril, 2017.
- **Ministerio de energía.** Energía 2050. Política energética de Chile. Principales metas 2035-2050.
- **Pedro Ramírez y Jorge Aliaga Sandoval, 2012.** Tsunami paso a paso: Los escandalosos errores y omisiones del SHOA y la ONEMI.

- **Soledad Valdivia y Claudia Torres, 2016.** Infraestructura escolar pública. Historia, patrimonio y deuda.
- **Real academia española.**

