



UNIVERSIDAD
SAN SEBASTIAN

**UNIVERSIDAD SAN SEBASTIAN
FACULTAD DE INGENIERÍA Y TECNOLOGÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA
SEDE SANTIAGO/BELLAVISTA**

**DISEÑO DE UNA PROPUESTA DE MEJORA EN EL SISTEMA
DE CALEFACCIÓN DEL COLEGIO OXFORD SCHOOL,
DESARROLLANDO UNA EVALUACIÓN TÉCNICA-
ECONÓMICA DEL SISTEMA**

Tesis para optar al título de Ingeniero Industrial

Profesora guía: Ximena Vera Mascayano

Estudiante: Mariano Pino Alarcón

SANTIAGO

2024

ÍNDICE

I.- INTRODUCCIÓN	4
ABSTRACT.....	6
II.- ANTECEDENTES DEL PROYECTO.....	7
2.0.- Justificación:	7
2.1.-Objetivo General:.....	8
2.2.-Objetivos Específicos:	8
2.3.-Alcances y Limitaciones:	8
2.4.-Marco teórico:.....	9
2.4.1.-Pesta:.....	10
2.4.2.-Foda:	10
2.4.3.-Estrategia Según FODA.....	11
2.4.4.-Cadena de Valor.....	11
2.4.5.-Cinco Fuerzas Competitivas de Porter.....	12
2.4.6.-Diagrama de Ishikawa.....	12
2.4.7.-Matriz de riesgo o criticidad:.....	13
2.4.8.-Energía Solar:.....	14
2.4.9.-Tipos de Energía:	15
2.4.10.-Energía Solar fotovoltaica:	16
2.4.11.-Energías renovables para colegios de chile.	17
2.4.12.-Proyecto Colegios Solares de Peñalolén:.....	18
2.4.13.-Tipos de financiamientos en energía fotovoltaica:.....	19
2.4.14.-Equipos de aires acondicionados:.....	20
2.4.15.-Conclusión:	20
III.- ANÁLISIS DE SITUACIÓN ACTUAL.....	21
3.1.- Descripción de la empresa:	21
3.2.- Procesos actuales de la empresa:.....	25
3.3.- Descripción de problemas:.....	27
3.3.1.-Pesta:	28
3.3.2.-Análisis Foda:	29
3.3.3.-Estrategia según Foda:.....	31
3.3.4.-Cinco fuerzas competitivas de Porter.	32

3.3.5.-Cadena de Valor.	34
3.3.6.-DIAGRAMA ISHIKAWA	35
3.3.7.-Conclusión:.....	36
3.4.- Clasificación de riesgos o criticidad:	37
3.4.1.-Evaluación de Riesgo o Criticidad:	37
3.5.- Resumen de criticidad:	39
IV.- PROPUESTA DE MEJORA	41
4.1 Problemas críticos:	41
4.2 Propuesta de Mejora:	41
4.3 Diagramas de flujo de nuevo proceso.....	59
4.4 Indicadores de gestión:.....	60
4.5 Evaluación de criticidad de los problemas:	61
V.- ANÁLISIS COSTO BENEFICIO	64
5.1 Análisis de costos de implementación de la mejora:	64
5.2 Análisis de beneficios de la implementación de la mejora:	68
5.3. Cuadro comparativo de costos y beneficios:	74
5.4. EVALUACIÓN ROI:	76
VI. CONCLUSIÓN:	79
ESTADO DE RESULTADO Y CUMPLIMIENTO OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	81
REVISIÓN BIBLIOGRAFICA	82
REVISIÓN WEBGRAFÍAS.....	83

I.- INTRODUCCIÓN

En la búsqueda constante por mejorar las condiciones de confort y eficiencia energética en entornos educativos, la optimización de sistemas de calefacción emerge como una necesidad fundamental. El presente trabajo se enfoca en el diseño de una propuesta de mejora para el sistema de calefacción del Colegio Oxford School, fusionando aspectos técnicos y económicos para garantizar una solución integral y sostenible.

El Colegio Oxford School, reconocido por su excelencia académica y compromiso con la comunidad, enfrenta desafíos inherentes al mantenimiento y funcionamiento de su infraestructura térmica. La ineficiencia energética, los costos operativos elevados y la inconsistencia en la distribución del calor son problemáticas que afectan tanto el bienestar de los estudiantes y el personal como la gestión financiera de la institución.

En este contexto, en la presente investigación se propone un diseño de mejora en el sistema de calefacción del Colegio Oxford School, desarrollando una evaluación técnico-económica del sistema. Comenzando por un análisis detallado de sus componentes, rendimiento y consumo energético, buscando identificar áreas de mejora y proponer soluciones innovadoras que maximicen la eficiencia operativa y minimicen los costos asociados.

El enfoque integrado de esta tesis abarca aspectos técnicos y económicos, reconociendo la interdependencia entre la viabilidad técnica de las mejoras propuestas y su impacto financiero a largo plazo. Se espera que los resultados obtenidos no solo contribuyan a optimizar el sistema de calefacción del Colegio Oxford School, sino que también sirvan como referencia para otras instituciones educativas que enfrentan desafíos similares en la gestión de sus recursos energéticos.

En resumen, esta investigación se sitúa en la intersección entre la ingeniería térmica y la gestión financiera, con el objetivo de proporcionar al Colegio Oxford School y a la comunidad educativa en general, una herramienta efectiva para mejorar las condiciones de confort y eficiencia energética en sus instalaciones.

ABSTRACT.

In the constant search for comfortable conditions and energy efficiency in educational environments, the improvement of heating systems emerges as a fundamental need. This investigation focuses on the design of an improvement proposal for the heating system at Oxford School, merging technical and economic aspects to guarantee an integral and sustainable solution.

Oxford School, is recognized for its academic excellence and commitment to the community, facing challenges inherent to the maintenance and operation of its thermal infrastructure. Energy inefficiency, high operating costs and inconsistency in heat distribution are problems that affect the well-being of students and staff, and of course, the financial management of the institution.

In this context, this research proposes an improvement design for the heating system of Oxford School, developing a technical-economic evaluation. Initiating with a detailed analysis of its components, performance and energy consumption, seeking to identify areas of improvement and propose innovative solutions that maximize operational efficiency and minimize associated costs.

The integrated approach of this thesis covers technical and economic aspects, recognizing the interdependence between the technical feasibility of the proposed improvements and their long-term financial impact. It is expected that the results obtained will not only contribute to optimizing the Oxford School heating system but will also serve as a reference for other educational institutions that face similar challenges in the management of their energy resources and administrative cost.

In summary, this research is focusing on the intersection between thermal engineering and financial management, with the aim of providing to Oxford School and the educational community in general, an effective tool to improve the conditions of comfort and energy efficiency in their facilities.

II.- ANTECEDENTES DEL PROYECTO.

2.0.- Justificación:

El presente proyecto se enfoca en la búsqueda de alternativas de mejoras en el sistema de calefacción del establecimiento educacional Oxford School, el cual se encuentra ubicado en la comuna de Villarrica, Región de la Araucanía. Este cuenta con la necesidad de mantener un sistema de calefacción eficiente, funcional y que logre contener costos, dado el importante impacto que significa este ítem, se analiza que para el año 2022 el costo total operacional asciende a \$ 31.022.695 y en el año 2023 fue de \$ 38.092.458, lo que significó un aumento del 22,8% en la operación del sistema de calefacción.

El sistema de calefacción o mejoras que deriven de este proyecto, permitirán contener y/o disminuir los altos costos, asegurando un uso eficiente de los recursos ante el crecimiento exponencial que está experimentando el establecimiento, debido al aumento de personas que han migrado desde la región metropolitana, dadas las facilidades del teletrabajo y la necesidad de buscar una mejor calidad de vida ante el incremento de la inseguridad, quienes han decidido posicionarse en las comunas de Villarrica, Pucón y sus alrededores. Impulsando la necesidad de crecer en infraestructura, es por esto que a partir del año 2026, se iniciará la construcción de un segundo edificio, el cual enfrentará los mismos desafíos en el sistema de calefacción, pero a mayor escala. Siendo de gran interés para el establecimiento encontrar mejoras o nuevas alternativas que contenga y/o minimice los costos, siendo eficiente y que cumpla con los estándares de seguridad, calidad y regulaciones requeridas para este tipo de establecimiento, garantizando con ello, un entorno escolar adecuado y seguro.

Mejoras que, de ser factible, agregarán un valor adicional a la imagen y reputación del recinto educacional, debido a que un ambiente educacional con bajas

temperaturas puede afectar negativamente en la concentración y el rendimiento de los estudiantes, en cambio mejorar el sistema de calefacción, puede fortalecer un entorno de aprendizaje propicio, demostrando el compromiso, confort y bienestar de la comunidad escolar.

2.1.-Objetivo General:

Diseñar una propuesta de mejora en un sistema de calefacción del colegio Oxford School, desarrollando una evaluación técnica - económica del sistema.

2.2.-Objetivos Específicos:

- a) Elaborar un levantamiento del sistema actual, para establecer el escenario base del proyecto.
- b) Analizar la normativa vigente relacionada con los sistemas de calefacción, a través de revisiones bibliográficas para cumplir con el marco regulatorio chileno.
- c) Formular un estudio técnico del sistema de calefacción, para definir oportunidades de mejoras.
- d) Definir la inversión inicial del sistema, a través de cotizaciones de proveedores para establecer el monto de la inversión.
- e) Evaluar la propuesta desarrollada, mediante la aplicación de herramientas de evaluación de proyectos, para definir la factibilidad económica y el caso de negocio que permita generar ahorros para el establecimiento educacional.

2.3.-Alcances y Limitaciones:

El proyecto actual consiste en el diseño de una propuesta de mejora en el sistema de calefacción del Colegio Oxford School, desarrollando una evaluación técnico-

económica del sistema, para lo cual se emplearán herramientas de ingeniería con el objetivo de identificar oportunidades de mejora. El enfoque se centrará en el edificio principal del establecimiento educacional, el cual es calefaccionado mediante una caldera que utiliza petróleo como combustible de alimentación. Este sistema distribuye el calor a través de losas radiantes instaladas en las diferentes aulas y oficinas dedicadas a actividades docentes y administrativas. Además, algunas de estas dependencias están equipadas con equipos de aire acondicionado alimentados por la red eléctrica que complementan el sistema de calefacción.

Es importante señalar que la evaluación del presente proyecto será en base a datos proporcionados de los años 2022 y 2023. Esto se debe al brote del COVID-19, motivo por el cual el funcionamiento del colegio se ejecutó de manera remota, lo que limita realizar comparaciones con datos de los años anteriores, puesto que no reflejan el comportamiento normal de un año académico del sistema de calefacción.

2.4.-Marco teórico:

La educación escolar es la base del proceso que proporciona al individuo la adquisición de conocimientos, experiencias y habilidad para alcanzar sus metas, en la actualidad esta área es cada vez más competitiva, donde el diferenciador dentro de este rubro no solo es la educación, sino un ambiente de confort y bienestar para sus alumnos y profesores. Esta condición sumada al cambio climático presente en el planeta lleva a la necesidad de mejorar su sistema de calefacción con el fin de entregar comodidad a sus usuarios en las largas jornadas escolares.

Un diseño de propuesta de mejora y desarrollo de una evaluación técnica-económica permitirá evaluar la mejor opción en este mercado. Para lograr esto, se utilizarán herramientas como PESTA y FODA, definiendo tópicos relevantes, como marco el regulatorio, entre otros, conocimientos necesarios para formar las bases que permitirán el correcto análisis de la propuesta.

2.4.1.-Pesta:

Herramienta de Ingeniería que mira más allá de los límites de un negocio o proyecto, sirve para evaluar factores externos que puedan impactar las operaciones, posibilitando el reconocimiento y evaluación de los potenciales beneficios y riesgos que la empresa enfrentará. Corresponde al estudio de factores políticos, económicos, sociales, tecnológicos y ambientales, que podrían determinar la viabilidad del proyecto. Análisis que en su etapa final permitirá conocer las características del entorno, pudiendo así planificar estrategias adecuadas y eficaces, además de minimizar los riesgos externos ante eventuales retos para su desarrollo. (<https://miro.com/es/planificacion-estrategica/que-es-analisis-pest/>).

2.4.2.-Foda:

Técnica esencial para la planificación estratégica y la toma de decisiones, ayudando a las entidades a identificar sus fortalezas, aprovechar las oportunidades, abordar las debilidades y mitigar las amenazas, proporcionando una comprensión detallada y sistemática de los diversos factores internos y externos, que permitan establecer estrategias para asegurar el éxito del proyecto. (Sapag Chain Nasir/ Sapag, España 2014).

FORTALEZAS	DEBILIDADES
Estas corresponden a las ventajas, méritos, atributos y diferenciadores de una empresa. Detectar estos aspectos sirve para sentar las bases del futuro de la organización.	Representan los defectos, carencias o vicios que ocurren dentro de la organización, colocándola en una posición desfavorable en comparación con sus competidores.

OPORTUNIDADES	AMENAZAS
Son las que representan todas las posibilidades, aptitudes, eventualidades de las cuales la empresa puede beneficiarse, es decir son todos aquellos aspectos que pueden ayudar a una organización a alcanzar sus metas.	Entrega los problemas, desafíos, obstáculos o dificultades por los cuales puede atravesar una empresa, amenazas que pueden provenir por cualquier tipo de situación, provocando conflictos o hasta poner en riesgo la permanencia de la organización.

2.4.3.-Estrategia Según FODA.

Consiste en realizar la matriz FODA, que permite evaluar los factores internos y externos que influyen en el desempeño de la organización, se debe evaluar primeramente la situación interna mediante la elaboración de la Matriz EFI, como asimismo la situación externa por medio de la Matriz EFE. Herramientas que permiten el análisis estratégico ante la toma de decisiones para la planificación de acciones futuras (Ponce Talancón Humberto, México 2017).

2.4.4-Cadena de Valor.

Es una herramienta clave para analizar las ventajas competitivas de una empresa, al examinar las actividades estratégicas más relevantes y sus interacciones. Esto permite obtener información sobre la posición de la empresa en el mercado y guiar. Para definir la cadena de valor, el primer paso es descomponer la empresa en las actividades que generan valor. Estas se dividen en actividades primarias y actividad de apoyo secundarias. Las actividades primarias son las que aportan mayor valor a los clientes, mientras que las actividades de apoyo, aunque no generan valor de forma directa, fortalecen las actividades primarias.

(<https://blogposgrado.ucontinental.edu.pe/por-que-es-importante-la-cadena-de-valor-de-una-empresa>).

2.4.5.-Cinco Fuerzas Competitivas de Porter.

El análisis de las 5 fuerzas de Porter es un marco empresarial que permite comprender el entorno competitivo de una empresa mediante el examen de cinco factores clave. Propuesto por el académico Michael E. Porter en 1979, este enfoque sigue siendo ampliamente utilizado por muchas organizaciones.

Este marco es especialmente valioso para evaluar la rentabilidad al ingresar a nuevos mercados o desarrollar nuevos productos. Facilita un análisis visual de la estructura de ingresos de los competidores y las barreras de entrada para nuevos participantes, lo que resulta fundamental para definir las estrategias de marketing de los productos de la empresa (<https://blog.hubspot.es/marketing/fuerzas-de-porter>).

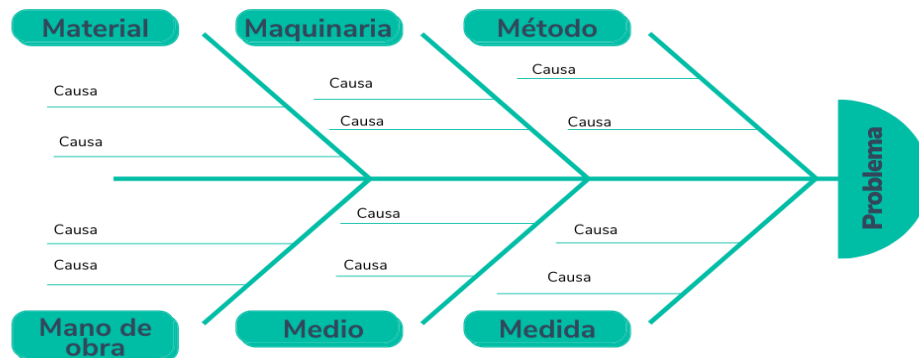
Los cinco factores de competencia en el análisis de las 5 fuerzas de Porter son:

- Nuevos entrantes.
- Proveedores
- Clientes
- Productos sustitutos
- Rivalidad de la Industria.

2.4.6.-Diagrama de Ishikawa.

Diagrama de Ishikawa o de las 6M, utilizado para el análisis de los distintos factores que intervienen en un proceso empresarial, permitiendo identificar las causas de los cuellos de botella que afectan a los procesos organizacionales y operativos de las empresas. Este diagrama aplica para un área, proyecto, trabajo de grupo o a nivel individual; incluso para toda una industria o sector. Analizar las 6M es muy útil cuando se quiere resolver un problema, ya que permite visualizar factores que de otra forma no se hubieran tenido en cuenta. (<https://concepto.de/diagrama-de-ishikawa/>)

Imagen N°1, Diagrama de Ishikawa.



Fuente: <https://blog.hubspot.es/sales/diagrama-ishikawa>

2.4.7.-Matriz de riesgo o criticidad:

Una matriz de riesgo o criticidad es una herramienta fundamental en el análisis de riesgos, utilizada para evaluar tanto la probabilidad como la gravedad de estos durante la planificación de proyectos. Al evaluar estos factores para cada riesgo, se pueden ubicar en la matriz correspondiente para calcular su impacto. Estas evaluaciones son cruciales para que el equipo determine la prioridad de cada riesgo y para gestionarlos eficazmente durante la ejecución del proyecto.

Como parte del proceso, es necesario realizar una lluvia de ideas para identificar una lista exhaustiva de riesgos que luego se integrarán en la matriz correspondiente. Los riesgos típicamente se pueden clasificar en las siguientes categorías:

1. **Riesgo estratégico:** Involucra errores de rendimiento o decisiones críticas, como la selección inadecuada de proveedores o software para el proyecto.
2. **Riesgo operativo:** Se refiere a errores en los procesos o procedimientos, como una planificación deficiente o falta de comunicación entre equipos.

3. **Riesgo financiero:** Puede abarcar diversos eventos que puedan resultar en pérdidas financieras para la empresa, como cambios en el mercado, litigios o la competencia intensificada.
4. **Riesgo técnico:** Implica cualquier aspecto relacionado con la tecnología de la empresa, como vulnerabilidades de seguridad, cortes de energía, interrupciones del servicio de Internet o daños a la propiedad.
5. **Riesgo externo:** Son eventos fuera del control directo de la organización, como inundaciones, incendios, desastres naturales o pandemias.

Este enfoque sistemático permitirá abordar los riesgos de manera efectiva y anticiparse a posibles problemas durante la ejecución del proyecto. (<https://asana.com/es/resources/risk-matrix-template>)

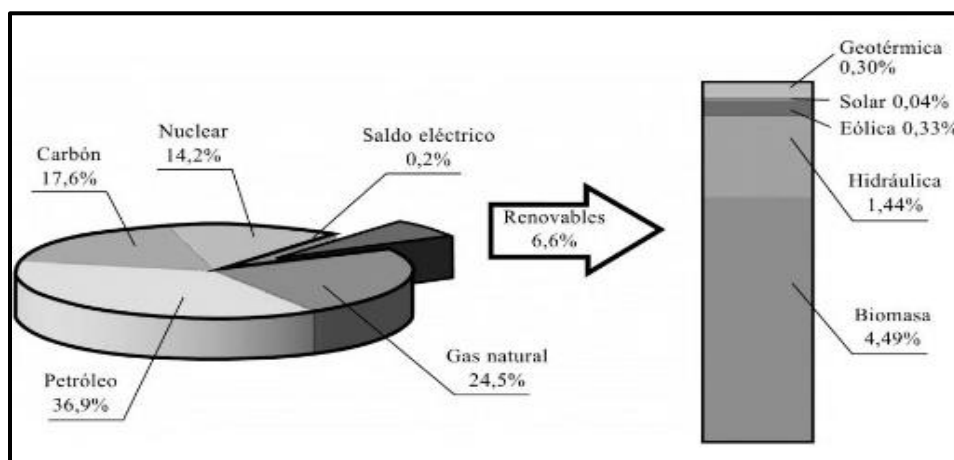
2.4.8.-Energía Solar:

La energía solar es el aprovechamiento de la radiación electromagnética emitida por el Sol para producir electricidad o calor. Esta forma de energía es limpia e inagotable, utilizando las radiaciones que llegan a la Tierra desde nuestra estrella. En el interior del Sol, se dan condiciones extremas de presión y temperatura, superando los millones de grados Celsius. Estas condiciones permiten procesos de fusión nuclear, donde los átomos de hidrógeno se fusionan para formar átomos de helio, liberando una enorme cantidad de energía al espacio, parte de la cual llega a nuestro planeta. Mediante paneles solares (placas fotovoltaicas) y colectores solares (placas térmicas), podemos convertir esta radiación solar en electricidad y calor útiles para diversas aplicaciones. (<https://www.endesa.com/es/la-cara-e/energias-renovables/energia-solar>)

Por otra parte, al tener en consideración como insumo, la generación de energía solar a nivel mundial de los 27 países que integran la Unión Europea representa el 0,04% del consumo total de energía solar. En el año 2007 la UE contabilizaba una

superficie solar en funcionamiento de 21,9 millones de m², lo que es equivalente a 15.370 Mega watts, con una distribución desigual entre los distintos países que la conforman.

Imagen N°2, Consumo de energía en la UE-27 en el año 2005.



Fuente: (Bribian & Uson, 2009, pág. 21)

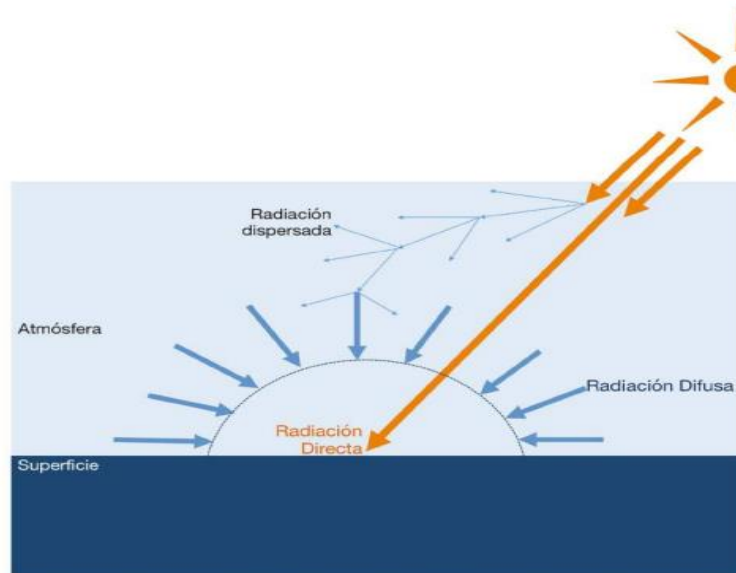
2.4.9.-Tipos de Energía:

La energía liberada por el Sol se distribuye hacia la Tierra en forma de dos tipos principales de radiación:

- Radiación directa, que ilumina áreas expuestas directamente al Sol.
- Radiación difusa, que llega durante días nublados y es dispersada por la atmósfera, así como reflejada por el aire, polvo y diversas superficies.

Los paneles solares y los colectores son dispositivos que captan parte de esta energía solar y la convierten en formas útiles de energía limpia y sostenible. La energía solar se clasifica en tres tipos según cómo se aprovecha: energía solar térmica, energía solar fotovoltaica y energía solar pasiva.
(<https://www.endesa.com/es/la-cara-e/energias-renovables/energia-solar>)

Imagen N°3, Radiación solar directa y difusa.



Fuente: <https://antartica.cl/wp/wp-content/uploads/2017/04/Radiacion-Solar-en-Chile.compressed.pdf>

2.4.10.-Energía Solar fotovoltaica:

Este tipo de energía solar opera a través de un sistema fotovoltaico, que consiste en la instalación de módulos fotovoltaicos capaces de convertir directamente la radiación solar en electricidad. Los paneles solares contienen células fotovoltaicas que, al ser expuestas a la luz solar directa, se ionizan y liberan electrones, generando así corriente eléctrica.

La energía fotovoltaica ha experimentado un notable avance en los últimos años, impulsado por la creación de comunidades solares y el ahorro energético proporcionado por las nuevas instalaciones de autoconsumo solar. (<https://www.repsol.com/es/energia-futuro/futuro-planeta/energia-solar/index.cshtml>).

Imagen N°4, Sistema de paneles fotovoltaicos.



Fuente: <https://www.repsol.com/es/energia-futuro/futuro-planeta/energia-solar/index.cshmtl>

2.4.11.-Energías renovables para colegios de chile.

El Proyecto RECS tiene como objetivo transformar el acceso y uso de energía limpia en escuelas y colegios de Chile a través de la instalación de sistemas solares fotovoltaicos. Además de promover energías renovables y reducir emisiones de carbono, este proyecto innovador impulsa la educación en energía sostenible y la conciencia ambiental entre estudiantes y comunidades educativas.

(<https://www.recschile.cl/>)

Imagen N°5, Red de Colegios Solares de Chile.



Fuente: <https://www.recschile.cl/>

2.4.12.-Proyecto Colegios Solares de Peñalolén:

El subsecretario de Energía, Ricardo Irarrázabal, inauguró el proyecto "Colegios Solares de Peñalolén" en el Colegio Tobalaba, que beneficiará a seis colegios en la comuna. Este proyecto, ganador del concurso del programa "Comuna Energética", busca implementar sistemas fotovoltaicos para aprovechar la energía solar en los colegios, se enfatizó el compromiso de promover una energía social y ciudadana, con el objetivo de involucrar a los municipios en el desarrollo energético local.

El proyecto implementado por Enel incluye generación fotovoltaica significativa y ahorros energéticos considerables, además de programas educativos sobre eficiencia energética para la comunidad escolar y el público en general. (<https://energia.gob.cl/noticias/nacional/subsecretario-de-energia-inaugura-paneles-solares-en-colegio-de-penalolen>).

Imagen N°6, Muestra inauguró el proyecto "Colegios Solares de Peñalolén" en el Colegio Tobalaba



Fuente: Ministerio de Energía desde <https://energia.gob.cl/noticias/nacional/subsecretario-de-energia-inaugura-paneles-solares-en-colegio-de-penalolen>

2.4.13.-Tipos de financiamientos en energía fotovoltaica:

En la actualidad existe un modelo en el cual empresas especializadas en servicios energéticos, apoyan inversiones de eficiencia energética de clientes públicos y privados al asumir la inversión inicial en proyectos energéticos denominado (ESCO). Modelo que principalmente es utilizado por empresas que no cuentan con el capital suficiente para invertir en cambios tecnológicos de eficiencia energética.

Sistema que funciona mediante el compromiso del cliente en comprar la energía generada mes a mes, con una tarifa más conveniente económicamente que la otorgada por la empresa distribuidora, proyecto que puede llegar a cubrir el 100% del costo de la inversión inicial de la implementación de energía fotovoltaica.
(<https://www.evolusun.cl/financiamiento-subsidios-energia-fotovoltaica/>)

Imagen N°7, Instalación sistema fotovoltaico ESCO.



Fuente: <https://www.evolusun.cl/financiamiento-subsidios-energia-fotovoltaica/>

2.4.14.-Equipos de aires acondicionados:

Cuando pensamos en aire acondicionado, lo primero que suele venir a la mente es un dispositivo diseñado para regular la temperatura en los días calurosos. Sin embargo, un aire acondicionado va más allá de la climatización de un espacio físico. Contar con un equipo de aire acondicionado, ofrece numerosos beneficios adicionales como por ejemplo; (<https://blog.resurtidora.mx/por-que-comprar-aire-acondicionado>)

- Mantener una Temperatura Agradable
- También Funciona como calefacción
- Reduce la humedad ambiental
- No significa un gasto excesivo de electricidad
- Se respira aire más limpio
- Elimina el calor y el ruido.
- Evita los mosquitos.

2.4.15.-Conclusión:

En base al análisis desarrollado, se presentará una propuesta de mejora, a través de la utilización de energías renovables no convencionales (ERNC). Proyecto que se realizará mediante el diseño de una propuesta de mejora y evaluación técnica-económica al sistema de calefacción, teniendo como objetivo disminuir costos en el presupuesto anual en el ítem de calefacción.

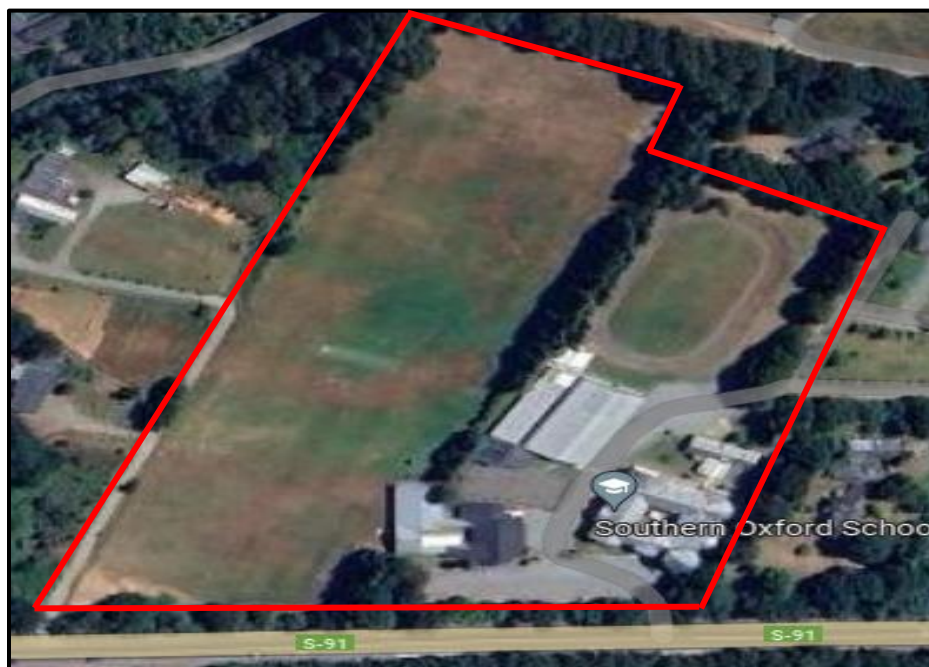
La propuesta de valor apunta a mejorar el sistema de calefacción y así brindar mayor confort al proceso educativo del establecimiento educacional, como también mejorar la imagen Institucional y reputación del Colegio Oxford School, continuando con su sostenibilidad en el tiempo.

III.-ANÁLISIS DE SITUACIÓN ACTUAL.

3.1.- Descripción de la empresa:

El Colegio Oxford School se encuentra ubicado en el kilómetro 4,5 camino Loncoche, comuna de Villarrica Región de la Araucanía (ver imagen N°8).

Imagen N°8, Ubicación geográfica del Colegio Oxford School.



Fuente: Google Maps desde <https://www.google.com/maps/@-39.2732347,-72.2818644,419m/data=!3m1!1e3?entry=ttu>

La Misión del Colegio es: *“Entregar a nuestros alumnos una sólida formación caracterizada por la exigencia académica, la enseñanza del idioma inglés, el desarrollo de valores, de competencias y de habilidades deportivas y artísticas, dentro de un ambiente cálido y acogedor, todo esto en el marco de una mejora continua como institución educativa.”* (<https://www.oxfordschool.cl/misionvision/>).

Su Visión y Valores son: ... “El Oxford School es una institución líder en el ámbito educativo, reconocido por la sólida educación académica y valórica, por la enseñanza del idioma inglés y porque desarrolla en sus alumnos habilidades y competencias que les permiten integrarse en forma armónica y exitosa en un mundo globalizado y cada vez más exigente.

El Oxford School de Villarrica, en cumplimiento de las políticas educacionales del Ministerio de Educación, entrega a la comunidad escolar el Reglamento Interno de Disciplina de los alumnos y alumnas que reciben formación e instrucción en este Colegio.

Toda acción, decisión y actividad desarrollada dentro de la comunidad escolar, se desprende del Plan de Formación Escolar sobre el cual el Colegio se sustenta. Este Plan resulta ser un medio poderoso de perfeccionamiento personal con relación a los otros. Sobre la base del ejercicio de valores y virtudes, el Colegio define sus pilares de formación:

- **Respeto:** manifestar el respeto a las personas, la naturaleza y a las cosas, a través de actitudes, modales y gestos adecuados de cortesía y cuidado.
- **Responsabilidad:** cumplir seria y puntualmente con los deberes y compromisos adquiridos, asumiendo las consecuencias de sus actos.
- **Honestidad:** actuar en consecuencia, en todo momento, con respecto a lo que se piensa, hace y dice de sí mismo y de los demás.
- **Lealtad:** aceptar, valorar y cuidar los vínculos establecidos, principios, ideas, amigos, colegio y país.
- **Solidaridad:** actuar en favor de otras personas en forma alegre y desinteresada, por el sólo hecho de poder ofrecer una ayuda que signifique una respuesta a las necesidades de otros.
- **Laboriosidad:** todo trabajo o actividad propuesta es realizada con esfuerzo, cuidado y dedicación.

- **Perseverancia:** una vez tomada una decisión, llevarla a cabo realizando todas aquellas actividades necesarias para alcanzar el objetivo propuesto, cuidando de que éstas no causen daño o perjuicio a otros o a sí mismo.
- **Orden:** respetar normas establecidas en relación a la convivencia con otros y a la organización definida para el logro de los objetivos deseados.

El Colegio espera que estas virtudes sean trabajadas, manifestadas y exigidas, consecuentemente, por todos los miembros de la Comunidad Escolar, en los ámbitos que a cada uno le compete.” (<https://www.oxfordschool.cl/misionvision/>)

Imagen N° 9, Colegio Oxford School.



Fuente: <https://www.oxfordschool.cl/wp/>

Establecimiento que tiene sus inicios en el año 1994, en la actualidad con una trayectoria de 30 años de entrega a la educación en sus diferentes niveles, prebásica; básica y enseñanza media. Contando con 410 alumnos, su estructura física está compuesta por el edificio principal de 2 niveles, como también otras dos estructuras de un nivel cada una, sumando una superficie total de 2.500 metros cuadrados.

En las edificaciones menores actualmente su sistema de calefacción es principalmente con equipos de aire acondicionado alimentados a través de la red

eléctrica, en tanto el edificio principal cuenta con una caldera alimentada por petróleo, la que distribuye el calor mediante loza radiante a las diferentes salas de clases y oficinas existentes, en cuatro de estas dependencias se sustituyó la calefacción por equipos de aire acondicionado, ya que, el sistema de loza radiante ha sufrido daños por su uso constante en el tiempo y por el elevado costo de su reparación se ha optado por esta alternativa más práctica de implementar.

Por otra parte, se debe tener en consideración las condiciones climáticas de la Región, bajas temperaturas y humedad producto de las extensas lluvias, (ver imagen N°10) lo cual obliga al Colegio a contar con un sistema de calefacción para mantener una temperatura adecuada para los alumnos, docentes y paradocentes, durante los meses de marzo a noviembre. El sistema de calefacción actual representa un costo relevante dentro del presupuesto anual del Colegio, motivo por el cual se debe buscar alternativas que permitan satisfacer esta necesidad, a través de la implementación de energías renovables, uso de nuevas tecnologías y no menos importante la reducción de emisiones de CO₂.

Imagen N°10, Tabla climática, datos históricos (1991- 2021) del tiempo Villarrica.

	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
Temperatura media (°C)	16.8	17.1	14.9	11.9	9.6	7.1	6.1	6.8	8.3	10.3	12.2	14.6
Temperatura min. (°C)	12.5	12.9	11.4	9.1	7.2	5.1	4	4.3	5	6.7	8.4	10.6
Temperatura máx. (°C)	21.6	21.9	19.2	15.5	12.6	9.6	8.9	10	12.2	14.3	16.4	19
Precipitación (mm)	72	71	116	202	332	467	377	353	218	190	138	123
Humedad (%)	71%	70%	76%	80%	83%	87%	85%	82%	80%	79%	77%	74%
Días lluviosos (días)	5	5	7	9	12	14	14	13	10	10	9	7
Horas de sol (horas)	9.1	8.4	6.9	5.5	4.8	3.5	4.0	4.7	5.6	6.2	6.8	8.2

Fuente: Climate Data; <https://es.climate-data.org/americas-del-sur/chile/ix-region-de-la-araucania/villarrica-149144/>

Nota:

Data: 1991-2021 Temperaturas min. (°C), Temperatura máx.(°C), Precipitación (mm), Humedad, días lluviosos.

Data: 1991-2021: Horas de sol.

La variación en la precipitación entre los meses más secos y más húmedos es 396 mm.

La variación en la temperatura anual está alrededor de 10.9 °C. El mes con mayor humedad relativa es junio (86.78 %). El mes con menos humedad relativa es febrero (70.38 %).

El mes con el mayor número de días lluviosos es junio (18.87 días). El mes con el menor número de días lluviosos es febrero (6.07 días).

3.2.- Procesos actuales de la empresa:

Para poder comprender la problemática que afecta al Colegio Oxford School en su sistema de calefacción, se ha realizado un análisis de cómo se ejecuta actualmente el proceso, desde la compra de combustible hasta la entrega de calor a las diferentes salas de clases y oficinas, por medio de la caldera a combustión y equipos de aire acondicionado, como se detalla a continuación:

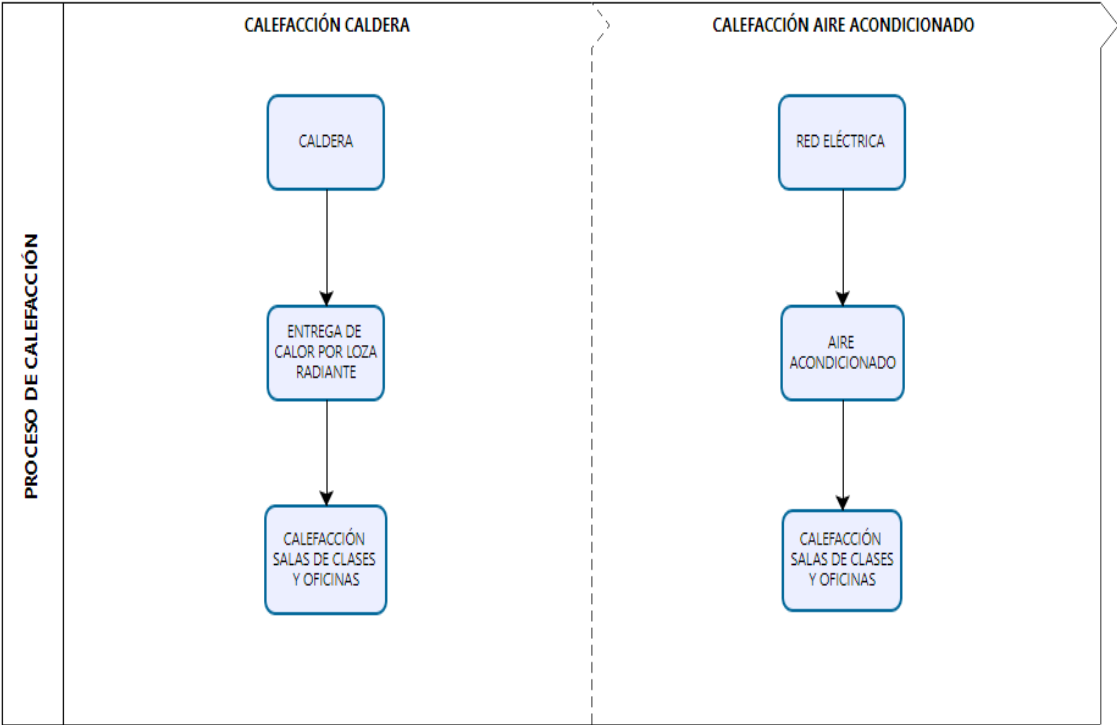
Proceso y Subproceso de operación del sistema de calefacción del Colegio Oxford School.

El proceso de operación del sistema de calefacción se realiza por medio de una caldera alimentada por petróleo, transmitiendo el calor a través de loza radiante a las diferentes salas de clases y oficinas, como también en cuatro dependencias el sistema de calefacción opera mediante equipos de aires acondicionados.

Por otra parte, el Subproceso del funcionamiento de la caldera se declara a través de la compra de petróleo, siendo entregado por la empresa proveedora en el establecimiento educacional, recargando la caldera y finalmente siendo operada por el manipulador de la caldera, quien es el encargado en solicitar la compra de combustible para una nueva recarga de esta. Procesos que son ilustrados detalladamente mediante un mapa de proceso.

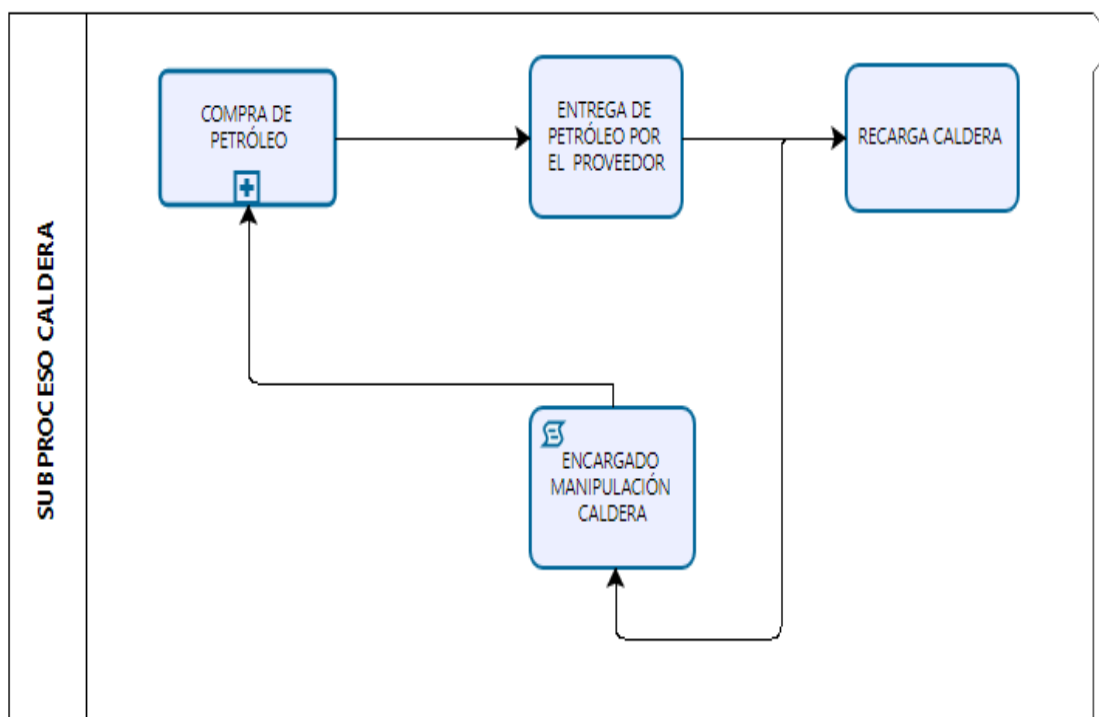
Mapa de Proceso y Subproceso de operación del sistema de calefacción del Colegio Oxford School.

Imagen N°11, Proceso de calefacción de las salas de clases y oficinas del Colegio Oxford School.



Fuente: elaboración propia, con información levantada en el colegio Oxford School.

Imagen N°12, Subproceso desde la compra de combustible hasta el funcionamiento de la caldera del Colegio Oxford School.



Fuente: elaboración propia, con información levantada en el colegio Oxford School.

3.3.- Descripción de problemas:

El proyecto para diseñar una propuesta de mejora para el sistema de calefacción del Colegio Oxford School, cobra relevancia debido al cambio climático, la evolución en las mejoras educacionales y las diferentes políticas de Gobierno, creando la necesidad de evolucionar en pro de los estudiantes. El Ministerio de Educación mediante el Decreto N°548 de fecha 11 de marzo 1989, hace hincapié que los establecimientos educacionales deben contar con ambientes a temperatura adecuada para favorecer el aprendizaje.

Es por esto que, para analizar factores que influyen en el éxito de la mejora, se utilizó un enfoque basado en herramientas de ingeniería como PESTA y FODA.

Metodologías que permitieron evaluar los factores externos e internos que pueden influir tanto en la operación del establecimiento como en la ejecución del proyecto de mejora, identificando aspectos que podrían ser favorables o desfavorables. Los resultados obtenidos facilitan el desarrollo de una planificación estratégica adecuada y eficaz, con el objetivo de minimizar los riesgos que podrían afectar el éxito del proyecto, estas herramientas resultan fundamentales para respaldar una toma de decisiones informada y sólida

A continuación, se detallan los análisis con cada una de las herramientas de ingeniería seleccionadas para este propósito.

3.3.1.-Pesta:

Se presenta un análisis exhaustivo, que va más allá de los límites del proyecto, con el objetivo de evaluar factores externos que podrían influir en su aplicación.

<u>Factores Políticos:</u> • Nuevas exigencias por parte del Ministerio de Educación. • Cambios regulatorios por parte del Ministerio de Energía.	<u>Factores Económicos:</u> • Aumento en el costo de la energía eléctrica. • Elevado presupuesto en la inversión inicial. • Inestabilidad económica del país. • Disminución en los ingresos económicos del Colegio.	<u>Factores Sociales:</u> • Demanda y competencia educativa. • Percepción de la imagen y reputación del colegio. • Desarrollo urbano y demográfico de la zona.
--	--	--

Factores Tecnológicos:

- Avances en la tecnología de calefacción
- Mantenimiento de los equipos.
- Vida útil de los equipos a implementar.
- Capacidad y diseño del sistema.
- Capacitación de los operarios.

Factores Ambientales:

- Sostenibilidad Energética.
- Impacto ambiental
- Nivel de radiación solar
- Uso de energía renovables.
- Eficiencia energética

3.3.2.-Análisis Foda:

Con la información obtenida del análisis interno y externo del Colegio, identificaremos los factores claves de éxito y las ventajas competitivas, mediante la determinación de sus fortalezas, oportunidades, debilidades y amenazas.

Fortalezas:

1. **Ubicación e Infraestructura del Colegio:** El colegio Oxford School está bien ubicado y cuenta con infraestructura adecuada para implementar mejoras en el sistema de calefacción.
2. **Aprendizaje continuo y adaptabilidad:** Disposición para aprender de experiencias pasadas, adaptarse a nuevas tecnologías emergentes.
3. **Compromiso con la Sostenibilidad:** Disposición del colegio para implementar soluciones energéticamente eficientes y sostenibles.
4. **Mejora de la Imagen Institucional:** Implementar un sistema de calefacción eficiente podría mejorar la percepción y satisfacción de estudiantes, padres y personal.

Oportunidades:

1. **Subvenciones y Financiamiento:** Posibilidad de acceder a subvenciones gubernamentales o financiamiento con tasas preferenciales para proyectos de eficiencia energética y/o renovación de sistemas de calefacción.
2. **Tecnología Avanzada:** Acceso a tecnologías de calefacción modernas y eficientes, que podrían reducir costos operativos y mejorar el confort térmico.

Debilidades:

1. **Antigüedad del Sistema Actual:** El sistema de calefacción por su antigüedad es menos eficiente en términos energéticos y requiere mantenimiento constante.
2. **Costos Iniciales Elevados:** Implementar un nuevo sistema puede implicar costos significativos de inversión inicial.
3. **Impacto en la Operación Cotidiana:** Interrupciones y ajustes necesarios durante la implementación del nuevo sistema podrían afectar temporalmente las actividades escolares.
4. **Recurso Humano:** Falta de personal especializado en el manejo de los equipos.

Amenazas:

1. **Fluctuaciones en los Costos de Energía:** Variaciones imprevistas en los costos de combustible y electricidad, pueden afectar la viabilidad económica a largo plazo del nuevo sistema.
2. **Cambios Normativos y Regulatorios:** Cambios en las normativas locales o regulaciones ambientales que pueden requerir ajustes adicionales o cumplimientos que aumenten los costos de inversión.
3. **Presupuesto limitado:** La disponibilidad de fondos puede ser una amenaza significativa, ya que se suelen tener presupuestos ajustados y asignar recursos adicionales para mejoras puede ser difícil.

3.3.3.-Estrategia según Foda:

Matriz EFI:

Factor crítico	Valor	Calificación	Calificación Ponderada
Fortalezas			
Ubicación e infraestructura del Colegio	0,30	4	1,2
Aprendizaje continuo y adaptabilidad	0,10	3	0,30
Compromiso con la Sostenibilidad	0,10	3	0,30
Mejora de la imagen institucional	0,10	3	0,30
Debilidades			
Antigüedad del sistema actual	0,15	3	0,45
Costos iniciales elevados	0,15	4	0,60
Impacto en la operación cotidiana	0,05	2	0,10
Recurso Humano	0,05	2	0,10
Valor ponderado	1		3,35

Fuente: Elaboración propia.

Matriz EFE:

Factor crítico	Valor	Calificación	Calificación Ponderada
Oportunidades			
Subvenciones y financiamientos	0,30	3	0,90
Tecnología avanzada	0,20	4	0,80
Amenazas			
Fluctuaciones en los costos de energía	0,20	3	0,60
Cambios normativos y regulatorios	0,15	3	0,45
Presupuesto limitado	0,15	2	0,30
Valor ponderado	1		3,05

Fuente: Elaboración propia.

Según lo analizado en las matrices FODA y PESTA se concluye que, el Colegio Oxford School presenta fortalezas importantes que permiten diseñar una propuesta de mejora al sistema de calefacción actual, a través de una evaluación técnica-

económica del mismo. Por otra parte, teniendo en consideración las herramientas de ingeniería utilizadas para la evaluación de los potenciales beneficios y riesgos internos y externos que pueden impactar en la búsqueda de mejoras factibles, el análisis permitirá generar estrategias de mitigación de las debilidades e identificar una alternativa eficiente dentro las restricciones presupuestarias del establecimiento.

3.3.4.-Cinco fuerzas competitivas de Porter.

A través de esta herramienta de ingeniería se analizará el entorno que rodea al establecimiento educacional, con el fin de planificar e implementar estrategias para fortalecer sus ventajas competitivas y compensar sus debilidades basándose en los resultados del análisis.



1. Amenaza de Nuevos Entrantes

Esto puede incluir la necesidad de permisos y acreditaciones, así como la inversión inicial en infraestructura. Un colegio que ofrece un currículo único, programas extracurriculares atractivos o instalaciones superiores puede dificultar la entrada de nuevos competidores.

La reputación y la confianza de los padres y estudiantes en un colegio establecido pueden reducir la amenaza de nuevos entrantes.

2. Poder de Negociación de los Proveedores

Proveedores de materiales y servicios de mantenimiento, si hay pocos proveedores, su poder de negociación aumenta. Por otra parte, la capacidad de atraer y retener buenos docentes también depende de la calidad y las condiciones ofrecidas por los proveedores de formación.

3. Poder de Negociación de los Clientes

Los padres tienen un alto poder de negociación, ya que pueden elegir entre varias instituciones educativas y la disponibilidad de escuelas públicas, privadas y opciones de educación en línea otorga a los padres más opciones, lo que aumenta su poder.

4. Amenaza de Productos Sustitutos

La educación en casa, escuelas en línea, y otras formas de educación alternativa representan sustitutos que pueden atraer a estudiantes, las plataformas educativas digitales pueden ser percibidas como alternativas a la educación tradicional.

5. Rivalidad entre Competidores

La existencia de múltiples colegios en una misma área crea una competencia intensa. Las instituciones que ofrecen programas académicos especializados o enfoques pedagógicos únicos pueden tener ventaja competitiva y las campañas de marketing de promoción para atraer estudiantes pueden intensificar la rivalidad.

3.3.5.-Cadena de Valor.

La cadena de valor es una herramienta que nos ayuda a entender como cada actividad de una empresa, le da valor al cliente, guiando a identificar mejoras en la eficiencia y competitividad.

Según análisis la cadena de valor del colegio Oxford School no solo refleja la calidad educativa que se ofrece, sino también la experiencia integral de estudiantes, padres y personal docente. Esto implica analizar tanto las actividades primarias, que están directamente relacionadas con la enseñanza y el aprendizaje, como las actividades de apoyo que facilitan y optimizan el funcionamiento institucional. A través de este análisis, se pueden identificar oportunidades de mejora que no solo potencien la calidad académica, sino que también fortalezcan la satisfacción de la comunidad escolar y promuevan un entorno de aprendizaje positivo y enriquecedor, como se muestra a continuación.

Imagen N°13, Cadena de Valor.

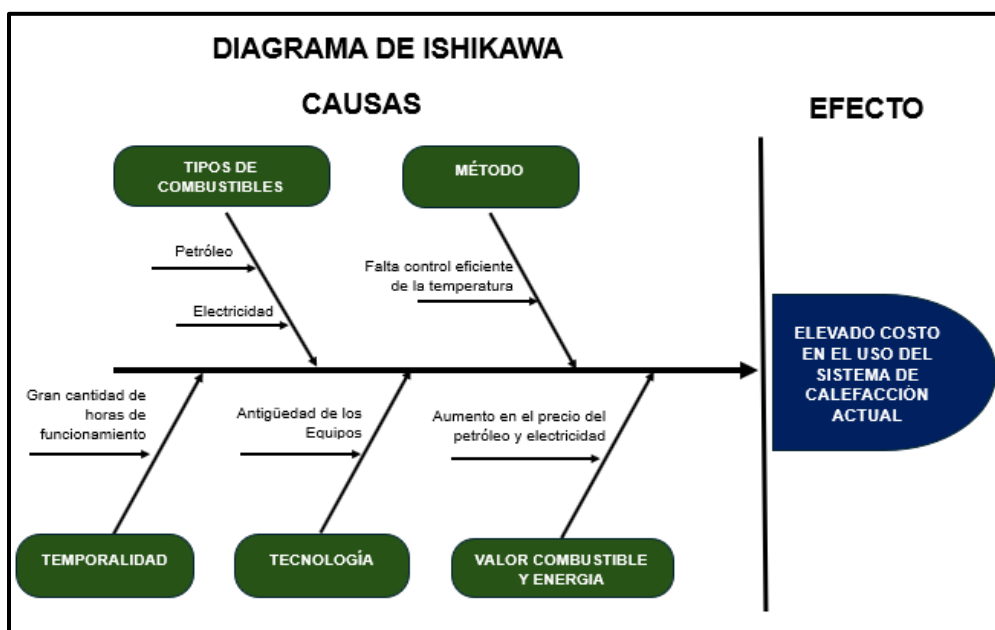


Fuente: Elaboración propia con antecedentes del colegio Oxford School.

3.3.6.-DIAGRAMA ISHIKAWA

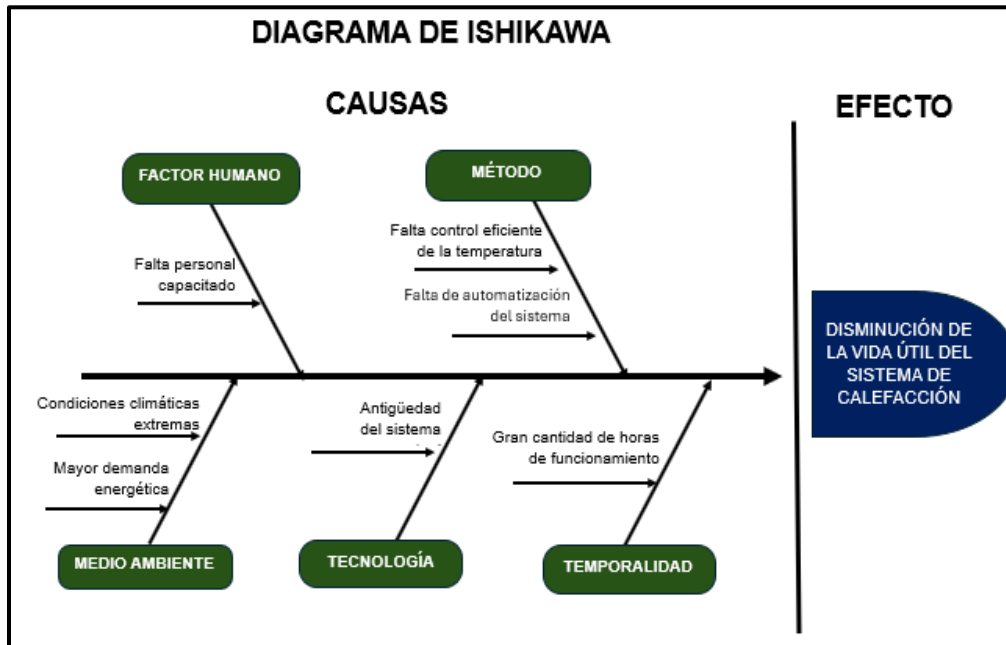
El diagrama causa-efecto que se muestra a continuación, plasma los diversos problemas (causas) que afectan al elevado costo de funcionamiento del sistema de calefacción actual del Colegio Oxford School y la disminución de la vida útil del mismo, el cual tiene un importante impacto en el presupuesto anual, causas que permitirán diseñar una propuesta de mejora, desarrollando una evaluación técnica-económica, con la finalidad de establecer las posibles mejoras que contribuyan a minimizar el efecto de las causas que se señalan a continuación.

Imagen N°14, Diagrama Ishikawa o causa-efecto.



Fuente: Elaboración propia con información levantada en el Colegio Oxford School.

Imagen N°15, Diagrama Ishikawa o causa-efecto.



Fuente: Elaboración propia con información levantada en el Colegio Oxford School.

3.3.7.-Conclusión:

Al realizar un análisis de las causas detectadas que contribuyen al elevado costo de funcionamiento y la disminución de la vida útil del sistema de calefacción del Colegio Oxford School (efecto), se obtiene una visión amplia y detallada de las áreas críticas que generan este problema siendo principalmente las siguientes:

- Antigüedad del sistema
- Gran cantidad de horas de funcionamiento
- Falta de control eficiente de la temperatura
- Condiciones climáticas extremas

Esto proporciona la identificación de las posibles causas subyacentes y la implementación de soluciones sistemáticas y efectivas para abordarlas.

3.4.- Clasificación de riesgos o criticidad:

A continuación, se presenta una matriz de riesgos o criticidad diseñada para identificar los posibles riesgos que podrían afectar las actividades normales del colegio o del proyecto a ejecutar. Esta herramienta evalúa la probabilidad de ocurrencia, las posibles consecuencias y la criticidad de cada riesgo mediante valores de ponderación.

3.4.1.-Evaluación de Riesgo o Criticidad:

Una vez identificados los riesgos mencionados en la matriz que se detalla a continuación, se evaluó su criticidad combinando la probabilidad y consecuencia. Para esto se utiliza una escala simple de 1 a 5 (donde 1 es improbable y 5 es frecuente) para asignar la probabilidad y una escala alfabética A, B, C, D, y E, para asignar la consecuencia (donde A es insignificante y E es Catastrófico).

Imagen N°16, Matriz de consecuencia.

MATRIZ DE CONSECUENCIA		
CONSECUENCIA	SIGNIFICADO	VALOR
CATASTRÓFICO	Crítico, existen importantes errores, severos incumplimientos al proceso logístico que puede causar pérdidas	E
PELIGROSO	Errores significativos continuos, existen incumplimientos en los controles internos del proceso logístico de la empresa	D
MODERADO	Errores significativos ocasionales, existen incumplimientos en los controles internos del proceso logístico de la empresa	C
MENOR	Errores operativos, existen incumplimiento de algunos puntos del control interno del proceso logístico de la empresa	B
INSIGNIFICANTE	Errores operativos, existen incumplimientos menores de los controles internos, se pueden resolver de manera rápida	A

Fuente: Elaboración propia

Imagen N°17, Matriz de probabilidad.

MATRIZ DE PROBABILIDAD		
OCURRENCIA	SIGNIFICADO	VALOR
FRECUENTE	Casi certeza que se produzca	5
PROBABLE	Probable que se produzca	4
OCASIONAL	Probable que se produzca a veces	3
POSIBLE	Puede ocurrir en algún momento	2
IMPROBABLE	Nunca puede ocurrir	1

Fuente: Elaboración propia

Imagen N°18, Matriz de riesgo o criticidad.

MATRIZ DE RIESGO O CRITICIDAD					
RIESGOS QUE PUEDEN AFECTAR A LAS ACTIVIDADES NORMALES DEL COLEGIO Y/O PROYECTO	TIPOS DE RIESGOS	PROBABILIDAD	CONSECUENCIA	PONDERACIÓN	VALOR PONDERACIÓN
	ESTRATÉGICO				
	Incorrecta selección de proveedor del servicio	2	B	2B	2B
	Error en el diseño del proyecto	2	D	2D	2D
	Incumplimiento por parte del Proveedor en los plazos	4	D	4D	4D
	Problemas regulatorios y permisos de instalación	1	A	1A	1A
	OPERATIVO				
	Daños estructurales en el edificio durante la instalación	4	D	4D	4D
	Retraso en la logística de entrega de los productos	3	C	3C	3C
	FINANCIERO				
	Cambios en las políticas de subsidios o incentivos gubernamentales	2	B	2B	2B
	Problemas financieros relacionados con la propuesta de mejora	4	E	4E	4E
	Costos adicionales no previstos.	4	D	4D	4D
	TÉCNICO				
	Problemas de seguridad eléctrica para los estudiantes y personal	1	B	1B	1B
	Impacto en el calendario escolar debido a retrasos en el proyecto.	2	C	2C	2C
	Interrupción del funcionamiento normal del colegio durante la instalación	2	C	2C	2C
	EXTERNO				
	Daños por excesivas lluvias o fuertes vientos	2	C	2C	2C
	Variaciones extremas de las temperaturas	2	C	2C	2C
	Desastres naturales	3	D	3D	3D

Fuente: Elaboración propia

Imagen N°19, Matriz de riesgo graficada.

			MATRIZ DE RIESGO GRAFICADA				
			CONSECUENCIA				
			Insignificante A	Menor B	Moderado C	Peligroso D	Catastrófico E
PROBABILIDAD	Frecuente	5					
	Probable	4					
	Ocasional	3					
	Posible	2					
	Improbable	1					

Fuente: Elaboración propia

3.5.- Resumen de criticidad:

Tras la evaluación realizada en la matriz de riesgos o criticidad a continuación, se presenta un resumen detallado de los riesgos identificados, según su nivel de criticidad y su rango final.

Imagen N°20, Resumen matriz de riesgos o criticidad.

RESUMEN MATRIZ DE RIESGOS O CRITICIDAD				
Riesgos	Probabilidad	Consecuencia	Ponderación	Valor ponderación
Problemas financieros relacionados con la propuesta de mejora	4	E	4E	4E
Incumplimiento por parte del Proveedor en los plazos	4	D	4D	4D
Daños estructurales en el edificio durante la instalación	4	D	4D	4D
Costos adicionales no previstos.	4	D	4D	4D
Desastres naturales	3	D	3D	3D
Error en el diseño del proyecto	2	D	2D	2D

Fuente: Elaboración propia.

Con base en el resumen de la matriz de riesgos o criticidad y con el fin de mitigar estos, se deben implementar las siguientes acciones correctivas y plan de contingencia

- Estudios de ingeniería para evaluar la capacidad estructural del edificio antes de la instalación.
- Coordinar con la administración escolar la implementación del proyecto, durante períodos de menor actividades académicas.
- Desarrollar un presupuesto minucioso y detallado, considerando tener reservas financieras para posibles costos adicionales.
- Establecer contacto temprano con las autoridades locales para facilitar los permisos necesarios.
- Implementar un plan de gestión ambiental que incluya medidas para minimizar el impacto ante desastres naturales durante la ejecución del proyecto.

En resumen, esta matriz de riesgos permite la identificación, evaluación y gestión de los riesgos asociados a la ejecución del proyecto en un entorno escolar, garantizando una implementación segura y eficiente del mismo

IV.- PROPUESTA DE MEJORA

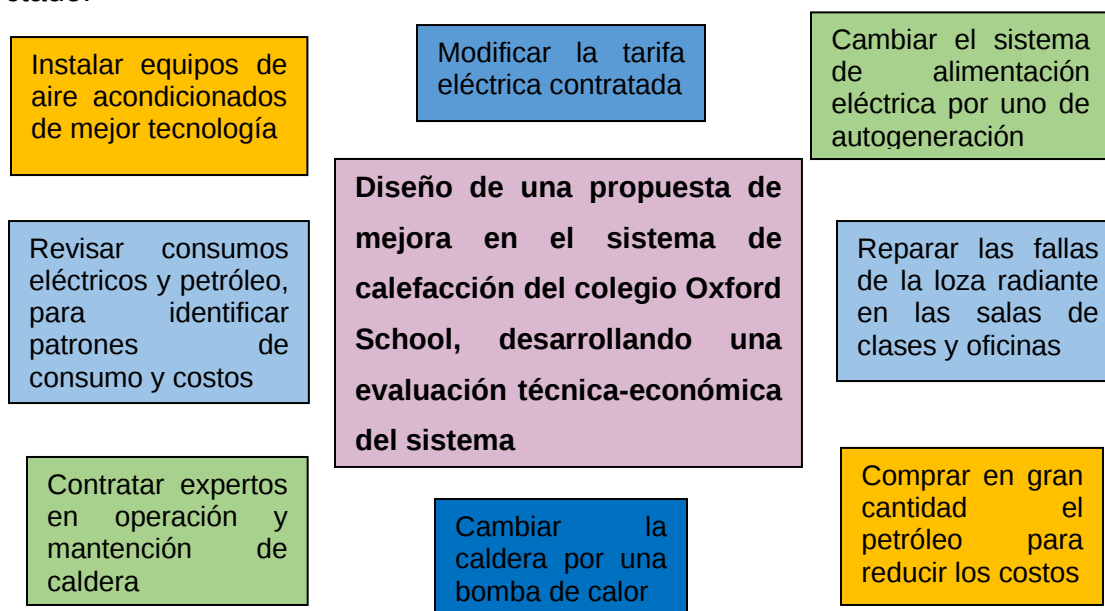
4.1 Problemas críticos:

En base al análisis desarrollado en el capítulo anterior, se determina que el problema crítico que afecta a la implementación de mejoras al sistema de calefacción del Colegio Oxford School, es el que a continuación se detalla;

Problemas financieros relacionados con la propuesta de mejora: la instalación de un sistema de autogeneración eléctrica conlleva un elevado costo de implementación, sumado a ello el periodo de retorno de la inversión en un plazo demasiado extenso.

4.2 Propuesta de Mejora:

Después de llevar a cabo varias reuniones con diversos actores del proyecto, se realizó una lluvia de ideas para identificar posibles soluciones al problema crítico detectado.



El objetivo principal de esta actividad fue generar un amplio rango de soluciones potenciales, explorando tanto enfoques convencionales como innovadores. Se utilizaron técnicas de brainstorming, como el pensamiento lateral y la generación de ideas sin juicios, para asegurar que se capturara una variedad de propuestas. Este proceso exhaustivo permitió identificar y priorizar las siguientes soluciones más prometedoras, que serán desarrolladas y detalladas en las siguientes etapas del proyecto.

- Instalación de dieciocho (18) equipos de aire acondicionado con tecnología inverter y eficiencia energética tipo A+, en la totalidad de las salas de clases y oficinas. Esta implementación incluye el reemplazo de los tres (03) equipos antiguos existentes, lo que permitirá eliminar el uso de la caldera actual.
- Integración de la propuesta anterior con un sistema de autogeneración eléctrica basado en paneles solares fotovoltaicos. Este sistema cubrirá la demanda energética del nuevo sistema de calefacción, que funcionará exclusivamente con los equipos de aire acondicionado instalados.

Antecedentes del establecimiento educacional.

El Colegio Oxford School cuenta con un contrato del suministro de energía eléctrica con la compañía CGE Distribución desde el año 1998 a la fecha, el cual se sostiene con un empalme trifásico, con una tensión entre fases de 380 volts, tensión fase – neutro 220 volts, una potencia conectada de 41,46 KW, manteniendo específicamente contratada una tarifa BT3, ... ” *Opción de tarifa en baja tensión con demanda máxima de potencia leída, para clientes con al menos medición de energía y demanda máxima de potencia leída. Se entenderá por demanda máxima de potencia leída del mes, el más alto valor de las demandas integradas en períodos sucesivos de 15 minutos. La demanda máxima de potencia de cada hora*

corresponderá al máximo valor de los registros leídos que se encuentren dentro de ésta”, (Diario Oficial N°41.842). (<https://www.cge.cl/wp-content/uploads/2024/07/Tarifas-de-Suministro-Elctrico-Retroactivas-Decreto-PNP-7T-2024-a-partir-del-1-de-julio-de-2024.pdf>).

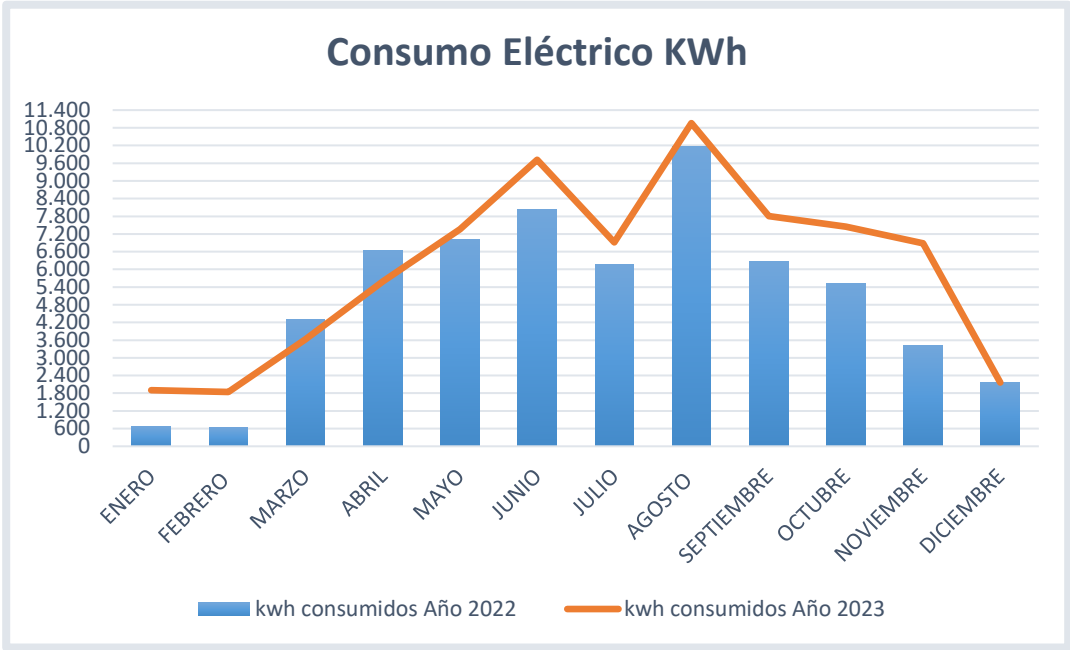
Imagen N°21, Boleta Electrónica compañía CGE Distribución.

	R.U.T.: 76.411.321-7 FACTURA ELECTRÓNICA N° 18984793
COMPAÑÍA GENERAL DE ELECTRICIDAD S.A. RUT: 76.411.321-7 GIRO: Distribución de energía eléctrica. CASA MATRIZ: Av. Presidente Riesco 5561, Piso 17, Las Condes.	S.LI.-SANTIAGO ORIENTE
	N° CLIENTE: 2713051
	Fecha de emisión: 03 Ene 2023
.....	
Sr. (a) Soc.educ.southern Oxford Ltda. Rut: [REDACTED] Giro: Persona Natural Dirección de Envío: CO VIRCA LONCOCHE S/N KM 4 VILLARRICA Ruta: G7524010-0013 Var. Corresp: CWEB	Observaciones de reparto: KM 4 Dirección Comercial: CO VILLARRICA-LONCOCHE SN VILLARRICA

Fuente: Elaboración propia con boleta electrónica requerida al email atencionclientesge.cl

A continuación, se representa gráficamente consumo eléctrico expresado en kilo watt hora (KWh), como también los costos económicos asociados expresados en pesos, ambos gráficos comparativos entre los años 2022 y 2023.

Gráfico N°1, Consumo eléctrico expresado en KWh año 2022 y 2023.



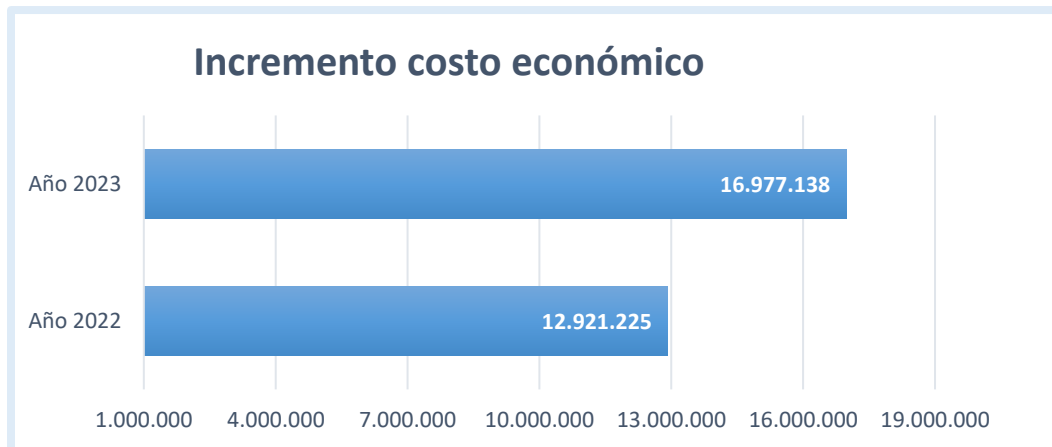
Fuente: Elaboración propia, con información extraída de las boletas electrónicas CGE Distribución

Gráfico N°2, Costo económico expresado en pesos año 2022 y 2023.



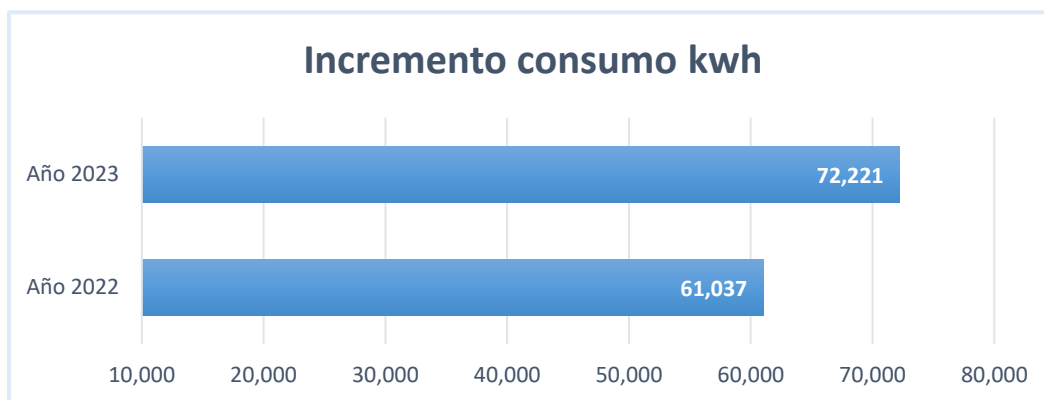
Fuente: Elaboración propia, con información extraída de las boletas electrónicas CGE Distribución.

Gráfico N°3, Incremento costo económico año 2022 y 2023.



Fuente: Elaboración propia, con resultado de gráfico N°2.

Gráfico N°4, Incremento consumo eléctrico año 2022 y 2023.



Fuente: Elaboración propia, con resultado de gráfico N°1.

Una vez analizado los consumos eléctricos y los costos económicos reflejados en las boletas electrónicas emitidas por la compañía CGE Distribución para el Colegio Oxford School durante los años 2022 y 2023, se observó un aumento significativo en el consumo de energía eléctrica, en particular el análisis revela que el consumo eléctrico en 2023 se incrementó en 11,184 kWh, lo que representa un aumento del 18,3% respecto al año anterior. Incremento en el consumo que se traduce en un costo adicional de \$4.055.913 millones de pesos en comparación con el año 2022,

justificando este valor, ya que en dicho periodo el colegio realizó mejoras en la infraestructura, lo que se tradujo en un alza del consumo eléctrico por el uso de herramientas eléctricas.

Sistema de calefacción actual.

En la actualidad el Colegio Oxford School, utiliza principalmente en el sistema de calefacción una caldera, marca Fer, modelo G3G 80, de fabricación italiana, equipo generador término de alto rendimiento para la producción de agua caliente y calefacción, adecuado para funcionar con quemadores presurizados de gas o gasóleo (petróleo). Sistema que alimenta cada sala de clases y oficina mediante losa radiante por donde circula el agua caliente, la cual transmite el calor, entregando una temperatura promedio en cada dependencia de 18°C , caldera que opera actualmente con petróleo.

A continuación, se representa el estado actual de la caldera marca Fer, modelo G3G 80, los consumos de petróleo y costos económicos asociados entre los años 2022 y 2023.

Imagen N°22, Estado actual Caldera Fer G3G 80.



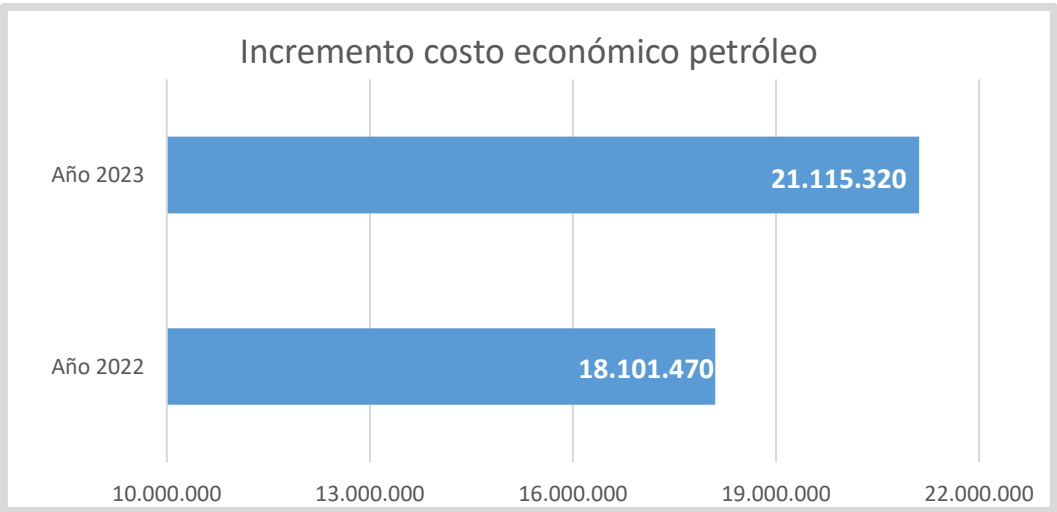
Fuente: Imagen obtenida en la sala de caldera del Colegio Oxford School.

Gráfico N°5, Costo económico consumo petróleo en pesos año 2022 y 2023.



Fuente: Elaboración propia, con información extraída de las facturas

Gráfico N°6, Incremento costo económico petróleo año 2022 y 2023.



Fuente: Elaboración propia, con resultado de gráfico N°5.

Después de llevar a cabo un exhaustivo análisis de los consumos de petróleo y los costos económicos asociados a las facturas de compra emitidas por la compañía Petrobras durante los años 2022 y 2023, se ha observado un incremento significativo en el consumo de petróleo en el último año.

El análisis detallado reveló que el consumo de petróleo en 2023 experimentó un aumento del 16,6% en comparación con el año anterior. Este incremento se traduce en un impacto monetario considerable, con un gasto adicional de \$3.013.850 millones de pesos en comparación con 2022.

Este aumento en los costos refleja no solo un mayor volumen de consumo, sino también las posibles fluctuaciones en los precios del petróleo y otras variables económicas que pueden haber influido en el aumento de los gastos. El análisis de estas cifras es fundamental para comprender la magnitud del problema y para desarrollar estrategias adecuadas que permitan mitigar el impacto financiero en el futuro.

Equipos aire acondicionado.

Dentro del sistema de calefacción actual que opera en el establecimiento educacional, en cuatro (04) dependencias a raíz de los daños que ha sufrido la loza radiante por el paso del tiempo, se han incorporado equipos de aires acondicionados Split de muro, como una medida rápida y práctica de solución, detallando a continuación la capacidad de cobertura en BTU y la ubicación de cada uno de estos:

- Sala de profesores, cuenta con un equipo de aire acondicionado de 8.000 BTU.
- Sala de electivo, cuenta con un equipo de aire acondicionado de 8.000 BTU.
- Sala de música, cuenta con un equipo de aire acondicionado de 24.000 BTU
- Biblioteca, cuenta con un equipo de aire acondicionado de 36.000 BTU

Cabe señalar que los equipos instalados en la sala de profesores, sala de electivo y biblioteca son tecnología antigua on/off, en tanto el equipo ubicado en la sala de música cuenta con tecnología inverter tipo A.

Para estimar consumo en Watt de los equipos instalados, se debe tomar en consideración la potencia de cada uno de estos multiplicado por la cantidad de horas de funcionamiento diario, como se expresa en la siguiente tabla.

Tabla N°1, Cálculo consumo energía equipos aires acondicionados.

CANTIDAD	EQUIPO ELÉCTRICO	POTENCIA (W)	HORAS USO DIA	ENERGÍA (W/H)
1	AIRE ACONDICIONADO 8.000 BTU	820	10	8.200
1	AIRE ACONDICIONADO 8.000 BTU	820	10	8.200
1	AIRE ACONDICIONADO 24.000 BTU	2.800	10	28.000
1	AIRE ACONDICIONADO 36.000 BTU	5.130	10	51.300
TOTAL		9.570		95.700

Fuente: Elaboración propia, con información levantada en el Colegio Oxford School.

A partir del análisis de la tabla anterior, se estima que la demanda diaria de energía en watt-hora para los cuatro equipos de aire acondicionado es de 95.700 Wh/día. Basándose en el consumo registrado durante el año 2023, esto indica que los equipos representan aproximadamente el 14% del consumo total de energía eléctrica del establecimiento educativo. En términos monetarios, esto se traduce en un gasto mensual de \$270.414 mil pesos. A continuación, se presenta una ilustración detallada de estos datos.

Tabla N°2, Porcentaje de representación estimada mensual de los costos económicos de equipos de aire acondicionado utilizados en el sistema actual de calefacción.

PERIODO	COSTO MENSUAL ENERGÍA ELÉCTRICA AÑO 2023	COSTO MENSUAL ESTIMADO DEL CONSUMO DE AIRES ACONDICIONADO AÑO 2023	PORCENTAJE DE REPRESENTACIÓN MENSUAL DEL COSTO ECONÓMICO AÑO 2023
ENERO	747.600	0	0%
FEBRERO	738.200	0	0%
MARZO	955.600	270.414	28%
ABRIL	1.346.400	270.414	20%
MAYO	1.668.900	270.414	16%
JUNIO	1.989.000	270.414	14%
JULIO	1.547.400	270.414	17%
AGOSTO	2.088.300	270.414	13%
SEPTIEMBRE	1.704.638	270.414	16%
OCTUBRE	1.704.800	270.414	16%
NOVIEMBRE	1.574.400	270.414	17%
DICIEMBRE	911.900	0	0%
TOTAL	16.977.138	2.433.726	14%

Fuente: Elaboración propia, con información levantada en el Colegio Oxford School.

El análisis se realizó mediante la sumatoria de las potencias nominales de los cuatro equipos de aire acondicionado del establecimiento. Primero, calculando la demanda total de energía diaria, multiplicando la potencia total por el número de horas de funcionamiento diario, que se estimó en 10 horas. Posteriormente, este valor diario se multiplicó por el número de días de operación al mes, que se estableció en 20 días. Finalmente, se multiplicó el resultado obtenido por el costo unitario de la energía eléctrica, según la tarifa establecida en el pliego tarifario de la Compañía CGE Distribución, vigente desde el 01 de agosto 2024.

Este procedimiento proporciona una estimación del costo mensual asociado al consumo de energía de los equipos de aire acondicionado, permitiendo evaluar el impacto económico de su operación.

Marco Regulatorio Legal:

El marco normativo nacional aborda varios aspectos relevantes para la eficiencia energética y la generación de energía renovable en establecimientos educativos y residenciales. A continuación, se destacan las principales normativas y su impacto:

- **Decreto 548:** Establece las temperaturas mínimas que deben mantener los locales educativos, según el nivel de enseñanza. Se requiere una temperatura mínima de 15°C para educación parvularia y 12°C para educación básica y media, preferentemente alcanzada mediante métodos pasivos o, si es necesario, con sistemas de calefacción y refrigeración adecuados.
- **Ley 20.257:** Obliga a las empresas generadoras eléctricas con capacidad superior a 200 MW a comercializar al menos un 10% de su energía proveniente de fuentes renovables no convencionales (ERNC). Esta ley promueve el uso de energías como solar, eólica, y biomasa.
- **Ley 20.571:** Conocida como la ley Net Billing, permite a los usuarios residenciales inyectar energía renovable a la red eléctrica y recibir compensaciones en su factura. La energía inyectada se valora al mismo precio que el que los distribuidores aplican a sus clientes.
- **Ley 20.698:** Amplía la meta de generación eléctrica con ERNC, elevando la meta del 10% para 2024 al 20% para 2025, promoviendo así un mayor uso de energías renovables.
- **Ley 21.118:** Modifica la ley 20.571 para permitir proyectos residenciales de hasta 300 kW y facilita el uso de remanentes de energía en propiedades conectadas a la misma red.
- **Ley 21.305:** Establece el Primer Plan Nacional de Eficiencia Energética, con metas de reducción del 10% en la intensidad energética para 2030. Incluye requisitos para la calificación energética de edificaciones y la implementación de sistemas de gestión de energía para grandes consumidores.

- **Resolución N°4 Exenta:** Fija un estándar mínimo de eficiencia energética para equipos de aire acondicionado, promoviendo la reducción del consumo energético en equipos residenciales.

La normativa nacional entrega criterios sobre la eficiencia energética y la generación de energía renovable, teniendo incidencia en las propuestas de mejora del sistema de calefacción del Colegio Oxford School. Asegurando que las propuestas aborden a reducción del impacto económico, como la mejora de la eficiencia energética en el establecimiento educacional.

Estudio Técnico.

El objetivo de este estudio técnico es diseñar mejoras para el sistema de calefacción del Colegio Oxford School mediante una evaluación técnico-económica. Esta evaluación permitirá determinar la viabilidad de las propuestas de mejora que se presentarán en el siguiente capítulo.

De acuerdo con la realidad actual del colegio y previo análisis del interés a evaluar, se consideran las siguientes propuestas de mejoras:

- Instalación de dieciocho (18) equipos de aire acondicionado con tecnología inverter y eficiencia energética tipo A+, en la totalidad de las salas de clases y oficinas. Esta implementación incluye el reemplazo de los tres (03) equipos antiguos existentes, lo que permitirá eliminar el uso de la caldera actual.
- Integración de la propuesta anterior con un sistema de autogeneración eléctrica basado en paneles solares fotovoltaicos. Este sistema cubrirá la demanda energética del nuevo sistema de calefacción, que funcionará exclusivamente con los equipos de aire acondicionado instalados.

Equipos de aire acondicionado.

Los equipos de aire acondicionado están diseñados para enfriar y deshumidificar los espacios interiores de una vivienda o edificio mediante la circulación de un refrigerante. Este refrigerante se enfría rápidamente al ser comprimido. Además de enfriar, estos equipos también tienen la capacidad de calentar o temperar un espacio físico. Esto se logra mediante un compresor que aumenta la presión del gas refrigerante, el cual luego pasa al condensador y se convierte en líquido.

La tecnología inverter en estos equipos permite ajustar la frecuencia del ciclo eléctrico, es decir, regula la velocidad del compresor. Esto evita los constantes arranques y paradas del equipo, permitiendo que el compresor funcione de manera continua. Al mantener una temperatura constante, la tecnología inverter puede lograr un ahorro energético de hasta el 30%.

Imagen N°23, Funcionamiento tecnología inverter en aires acondicionados.



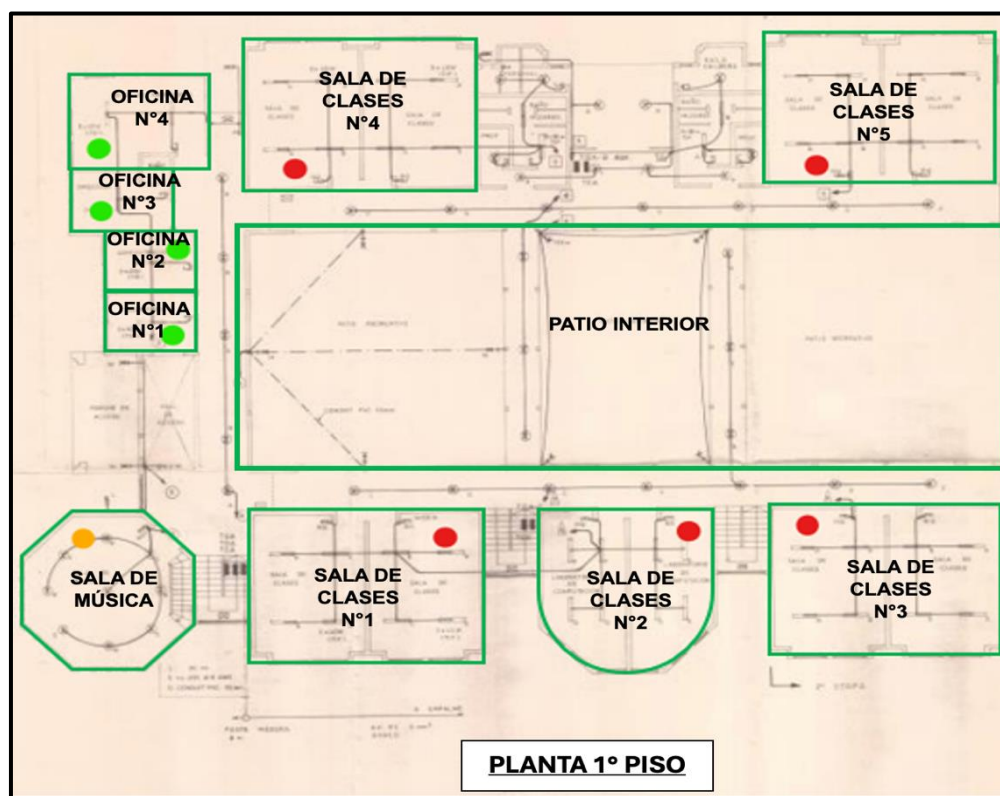
Fuente: <https://www.caloryfrio.com/aire-acondicionado/aire-acondicionado-domestico/aire-acondicionado-inverter.html>

Para esta propuesta de mejora, se seleccionan los equipos de aires acondicionados a implementar de acuerdo con el área promedio a cubrir de cada una de las salas de clases (45 metros cuadrados aproximadamente) y oficinas (28 metros cuadrados aproximadamente) del Colegio Oxford School, este punto incluye los equipos a reemplazar de tecnología on/off, según el siguiente detalle.

- 06 equipos de aire acondicionado de 9000 BTU.
- 11 equipos de aire acondicionado de 18.000 BTU
- 01 equipo de aire acondicionado de 36.000 BTU

DISTRIBUCIÓN DE LA INSTALACIÓN DE LOS EQUIPOS DE AIRE ACONDICIONADO.

Imagen N°24 Planta primer piso Colegio Oxford School.

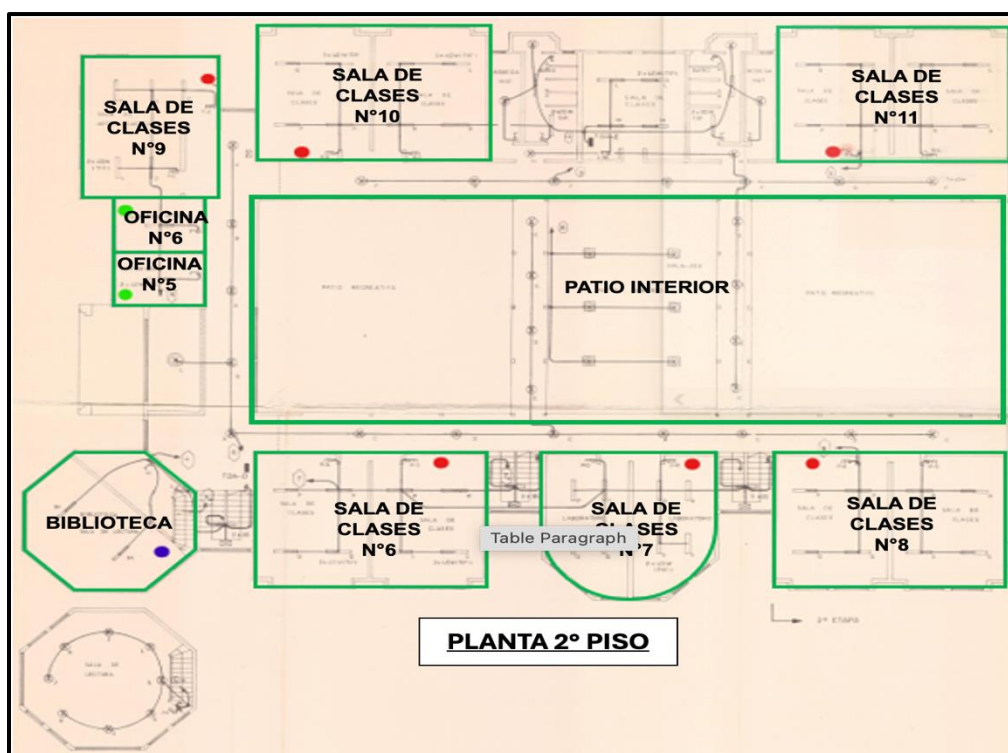


Fuente: elaboración propia con planos proporcionados por el Colegio Oxford School.

En la imagen que antecede se ilustra la ubicación y capacidades de cada uno de los equipos de aire acondicionado a implementar en la planta del primer piso del edificio principal del establecimiento educacional, conforme al siguiente detalle:

- En las salas de clases números 1,2,3,4 y 5, con un espacio físico de 45 metros cuadrados aproximadamente, serán instalados equipos de aire acondicionado con capacidad de 18000 BTU.
- En las oficinas números 1,2,3 y 4, con un espacio físico de 28 metros cuadrados aproximadamente, serán instalados equipos de aire acondicionado con una capacidad de 9000 BTU.
- Salas de música, se mantendrá el equipo de aire acondicionado con capacidad de 24000 BTU.

Imagen N°25 Planta segundo piso Colegio Oxford School.



Fuente: elaboración propia con planos proporcionados por el Colegio Oxford School.

En la imagen que antecede se ilustra la ubicación y capacidades de cada uno de los equipos de aire acondicionado a implementar en la planta del primer piso del edificio principal del establecimiento educacional, conforme al siguiente detalle:

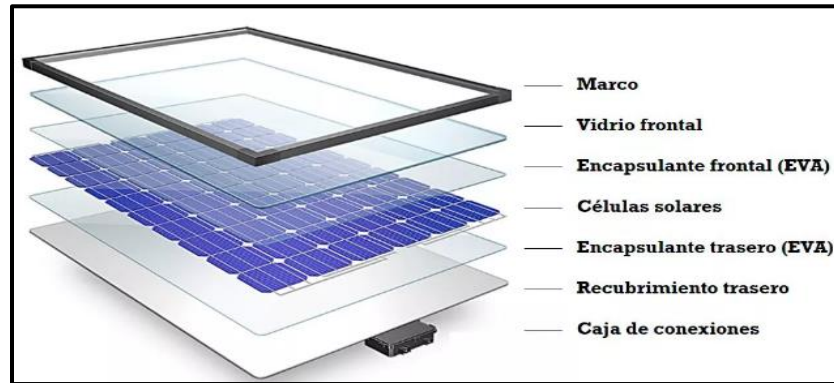
- En las salas de clases números 6,7,8,9,10 y 11, con un espacio físico de 45 metros cuadrados aproximadamente, serán instalados equipos de aire acondicionado con capacidad de 18000 BTU.
- En las oficinas números 5 y 6, con un espacio físico de 28 metros cuadrados aproximadamente, serán instalados equipos de aire acondicionado con capacidad de 9000 BTU.
- En la biblioteca, será instalado un equipo de aire acondicionado con capacidad de 36000 BTU.

Sistema Fotovoltaico (PV).

Un panel fotovoltaico, comúnmente conocido como panel solar, está compuesto por celdas fotovoltaicas (PV) que convierten la luz solar en electricidad. Estas celdas, fabricadas con semiconductores como el silicio, se agrupan en módulos dentro del panel. Un panel solar típico puede contener entre 54 y 72 celdas, organizadas en configuraciones comunes de 9 x 6, 10 x 6 o 12 x 6. En la imagen a continuación, se muestra un panel solar que contiene 60 celdas, dispuesto en una configuración de 10 x 6.

Cuando las celdas fotovoltaicas absorben la luz solar, los electrones en el semiconductor se liberan y fluyen, creando una diferencia de carga entre la parte delantera y trasera de la celda. Este proceso genera una corriente eléctrica, que es capturada y utilizada para alimentar sistemas eléctricos.

Imagen N°26, Estructura interna de composición de un panel solar de 60 células.



Fuente: <https://material-electrico.cdecomunicacion.es/opinion/ignacio-martil/2023/11/15/estructura-y-peculiaridades-de-los-paneles-fotovoltaicos-estandares>

Componentes principales de un Sistema Fotovoltaico.

Para el dimensionamiento, instalación y conexión de paneles fotovoltaicos, se deben realizar las interconexiones de los equipos y elementos involucrados. A continuación, se detallan estos aspectos para una mayor claridad:

- Paneles Fotovoltaicos.
- Estructura de montaje para techo tipo coplanar.
- Inversor.
- Cables solares.
- Molduras de canalización.
- Smart Power sensor trifásico.

Para llevar a cabo esta mejora, se determinará la cantidad de paneles solares, equipos y componentes técnicos necesarios para el sistema mediante un análisis de los consumos de energía eléctrica del establecimiento educativo del año 2023. Este análisis permitirá establecer un comportamiento promedio del consumo, además de calcular la potencia requerida para los equipos de aire acondicionado que se implementarán y reemplazarán.

Análisis de Localización:

Dado que Chile cuenta con uno de los índices más altos de radiación solar a nivel mundial, se recomienda la instalación del sistema de autogeneración de energía eléctrica basado en paneles fotovoltaicos en el techo del establecimiento educativo. Sistema que debe aprovechar la orientación hacia el norte y la ausencia de obstrucciones vegetales que puedan bloquear la radiación solar. Se ha estimado que hay aproximadamente 163.6 metros cuadrados disponibles para esta instalación.

Estimación del área disponible para el sistema de autogeneración eléctrica ha sido realizada utilizando la herramienta proporcionada por el Ministerio de Energía de Chile, como se detalla a continuación

Imagen N°27, Cálculo de área total disponible (m²)

The image displays two side-by-side screenshots of a web-based calculator titled "GENERACIÓN ELÉCTRICA FOTOVOLTAICA". Both screenshots show the "FORMULARIO" (Form) tab. The left screenshot shows input values: "Capacidad Instalada" (16,48 kW), "Coeficiente de Temperatura del panel" (-0,45), "Área Total Disponible" (103 m²), "Fracción del área ocupada por paneles" (100 %), and "Eficiencia Nominal del Panel" (16 %). The right screenshot shows the same form with "Capacidad Instalada" set to 9,696 kW and "Área Total Disponible" set to 60,6 m². Both screenshots include a map view at the bottom showing a satellite image of a building labeled "Southern Oxford School" with a polygon drawn on its roof. The calculator interface includes a "BORRAR" (Clear) button and a "ESTIMAR CAPACIDAD" (Estimate Capacity) button.

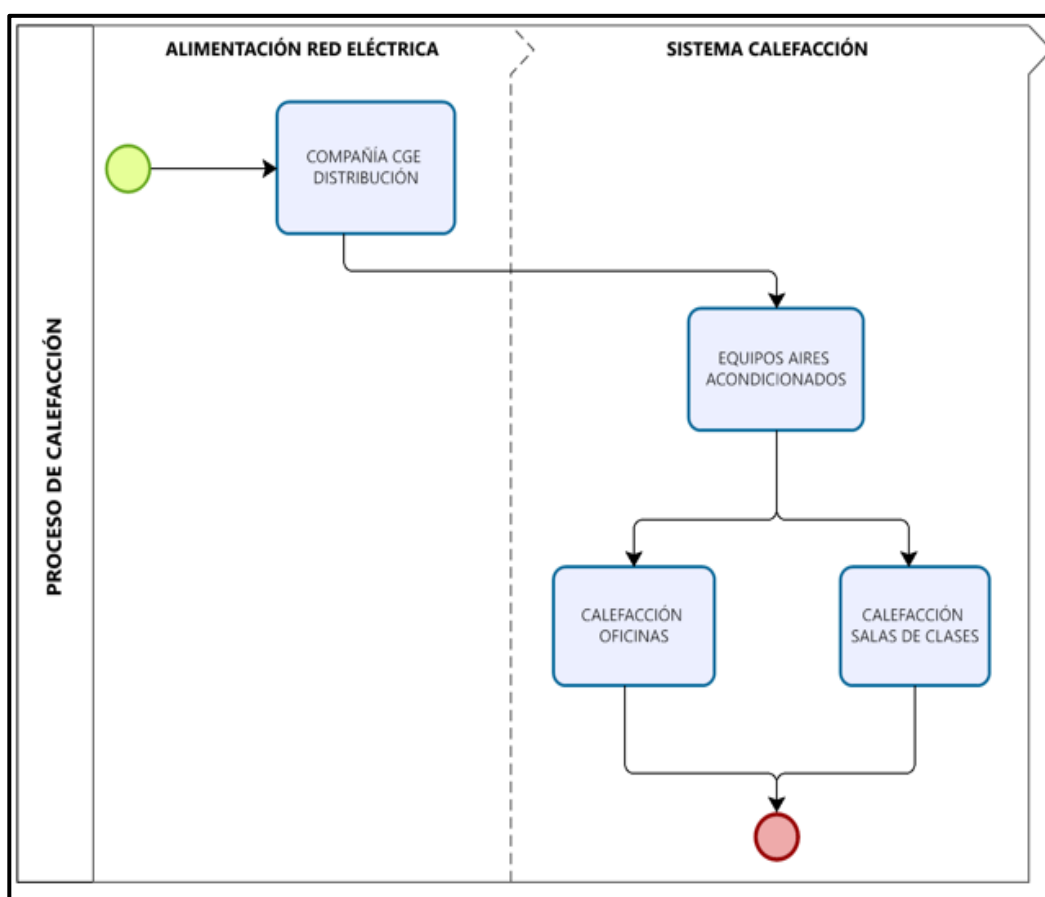
Fuente: <https://solar.minenergia.cl/fotovoltaico>

4.3 Diagramas de flujo de nuevo proceso.

El diseño de las propuestas de mejoras tiene como objetivo reducir los costos económicos del colegio, como también lograr que el sistema sea eficiente energéticamente.

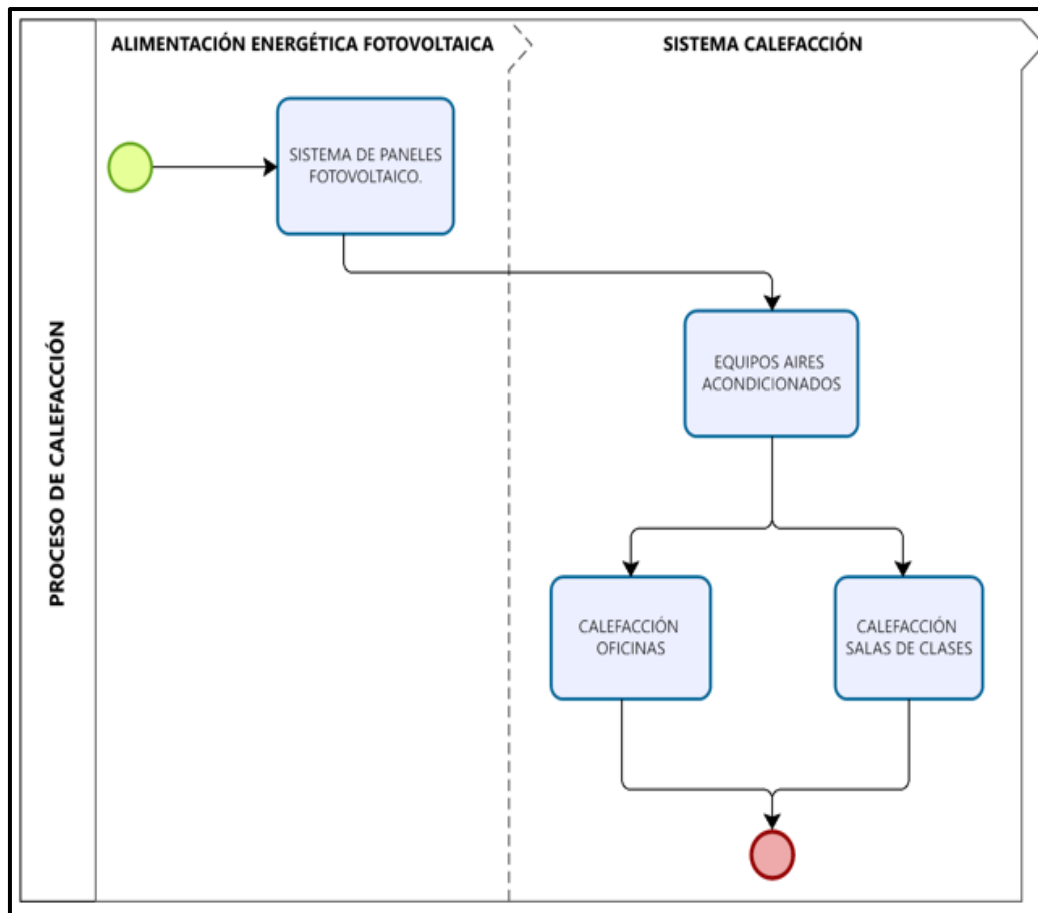
A continuación, se visualizan las propuestas de mejora a evaluar para el sistema de calefacción.

Imagen N°28, Diseño de propuesta de mejora en equipos de calefacción.



Fuente: Elaboración propia, hecho a través de bizagi.

Imagen N°29, Diseño de propuesta de mejora en la alimentación energética.



Fuente: Elaboración propia, hecho a través de bizagi.

4.4 Indicadores de gestión:

Para evaluar de manera efectiva las mejoras en un sistema de calefacción al incorporar equipos de aire acondicionado, es fundamental utilizar indicadores de gestión claves de desempeño (KPI). Estos KPI, permiten medir la eficacia y eficiencia de las mejoras implementadas, proporcionando datos valiosos para la toma de decisiones.

A continuación, se presentan algunos KPI relevantes para este tipo de evaluación:

Imagen N°30, Indicadores de Gestión

Objetivo	Indicador	Definición Operacional	Frecuencia	meta	Rangos			Responsable
					Bajo	Medio	Alto	
Disminuir gasto actual del sistema de calefacción	% Margen de ahorro	$= \left(\frac{\text{Beneficio Mensual}}{\text{Gasto Actual}} - 1 \right) \times 100$	Mensual	20%	<5%	Entre >5% y <10%	>10%	Jefe Operación
Incremento Eficiencia Energética del sistema	% de Aumento Eficiencia	$= \left(\frac{\text{Eficiencia Propuesta Mejora}}{\text{Eficiencia Actual}} \right) \times 100$	Mensual	50%	<10%	Entre >10% y <30%	>30%	Jefe Operación
Periodo Retorno Inversión	Años	$= \left(\frac{\text{Inversión Inicial}}{\text{Beneficio Anual}} \right)$	Anual	2	>5	Entre <3 y >5	<2	Evaluador Proyecto

Fuente: Elaboración propia con antecedentes de la propuesta de mejora.

Indicadores de gestión, que entregan una mirada integral del rendimiento y la eficiencia del sistema de calefacción posterior a las mejoras

4.5 Evaluación de criticidad de los problemas:

Con las propuestas de mejoras planteadas, el objetivo de lograr disminuir la criticidad del problema crítico se refleja en la nueva tabla de análisis de criticidad, como se muestra a continuación.

Imagen N°31, Resumen de riesgo o criticidad, evaluada con propuesta de mejora.

RESUMEN MATRIZ DE RIESGOS O CRITICIDAD					
Riesgos	Probabilidad	Consecuencia	Ponderación	Valor ponderación con propuesta de mejora	Valor ponderación levantamiento actual *
Problemas financieros relacionados con la propuesta de mejora	2	B	2B	2B	4E
Incumplimiento por parte del Proveedor en los plazos	2	B	2B	2B	4D
Daños estructurales en el edificio durante la instalación	2	A	2A	2A	4D
Costos adicionales no previstos	2	C	2C	2C	4D
Desastres naturales	3	D	3D	3D	3D
Error en el diseño del proyecto	1	B	1B	1B	2D

Fuente: Elaboración propia, a través de datos de indicadores de gestión.

Nota: (*) referencia con la imagen N°19 resumen matriz de riesgos o criticidad.

Imagen N°32, Matriz de riesgo graficada, con propuesta de mejora

			MATRIZ DE RIESGO GRAFICADA				
			CONSECUENCIA				
			Insignificante A	Menor B	Moderado C	Peligroso D	Catastrófico E
PROBABILIDAD	Frecuente	5					
	Probable	4					
	Ocasional	3					
	Posible	2					
	Improbable	1					

Fuente: Elaboración propia, con datos de tabla resumen de matriz de riesgo o criticidad.

El valor de ponderación resultante de la matriz de riesgo o criticidad del problema crítico detectado en el capítulo III, el cual era en los Problemas financieros relacionados con la propuesta de mejora, disminuyó considerablemente con la propuesta de mejora dese un 4E a 2B, lo cual implica que la propuesta de mejora propuesta en este proyecto cumple con el objetivo de disminuir los riesgos o criticidad del problema mencionado con anterioridad.

V.- ANÁLISIS COSTO BENEFICIO

Tras revisar la situación actual del Colegio Oxford School y detectar el problema más crítico en términos de costos, se han propuesto mejoras basadas en el uso de herramientas de ingeniería para desarrollar una evaluación técnico-económica del sistema de calefacción. A continuación, se llevará a cabo un análisis económico para determinar la viabilidad del proyecto para el establecimiento educativo.

5.1 Análisis de costos de implementación de la mejora:

El objetivo principal de este proyecto es reducir los costos económicos del Colegio Oxford School asociados con el sistema de calefacción, al mismo tiempo mejorar la eficiencia energética del sistema.

Las mejoras propuestas no solo buscan disminuir los gastos, sino también asegurar el confort térmico de alumnos y docentes, proporcionando así un ambiente más adecuado y agradable para toda la comunidad escolar. Propuestas diseñadas para lograr un equilibrio entre la reducción de costos y el mantenimiento de un ambiente escolar cómodo y adecuado, que busca proporcionar un entorno más cálido y agradable durante los meses fríos, lo cual es esencial para el bienestar y el rendimiento académico de los estudiantes, así como para la comodidad de todo el personal del colegio.

Propuesta de mejora número N°1.

Para la instalación de dieciocho (18) equipos de aire acondicionado con tecnología inverter y eficiencia energética tipo A+, ha sido cotizada por la empresa INVERSIONES NUEVAS ARMONIAS SPA.

A continuación, se detalla la cotización proporcionada por dicha empresa.

Imagen N°33, Presupuesto instalación equipos de aire acondicionado como propuesta de mejora al sistema de calefacción.

N° ORDEN	PROPUESTAS DE MEJORAS	COSTO EQUIPOS	COSTO DE INSTALACIÓN, MONTAJE COPLANAR Y FERRETERIA ELÉCTRICA	COSTO MEJORA	IVA 19%	COSTO TOTAL IMPLEMENTACIÓN
1	IMPLEMENTACIÓN DE EQUIPOS DE AIRES ACONDICIONADOS INVERTER	\$14.843.434	\$4.837.360	\$19.680.794	\$3.739.351	\$23.420.145

Fuente: Elaboración propia, con presupuesto proporcionado por la empresa Inversiones Nuevas Armonías SPA.

Propuesta de mejoras número N°2.

A continuación, se detallan los costos asociados a la propuesta de mejora de implementación de un sistema de autogeneración de energía eléctrica, compuesto por ciento setenta y siete (177) paneles fotovoltaicos con una capacidad de generación máxima de 510W hora cada uno, evaluación técnica-económica realizada con la empresa PUNTO SOLAR SPA.

Además, se incluye la cotización para la instalación de dieciocho (18) equipos de aires acondicionados con tecnología inverter y eficiencia energética tipo A, cotización realizada por la empresa INVERSIONES NUEVAS ARMONIAS SPA. Mejora que reemplazará la caldera actual con los nuevos equipos de aire acondicionado, que serán alimentados por el sistema de autogeneración de energía eléctrica fotovoltaica.

Imagen N°34, Presupuesto de propuesta de mejora consistente en un sistema de autogeneración de energía eléctrica fotovoltaica y la incorporación de equipos de aires acondicionado.

N° ORDE N	PROPUESTAS DE MEJORAS	COSTO EQUIPOS	COSTO DE INSTALACIÓN	COSTO MEJORA	IVA 19%	COSTO TOTAL IMPLEMENTACIÓN
1	SISTEMA AUTOGENERACIÓN ELÉCTRICA CON PANELES FOTOVOLTAICOS	\$23.185.230	\$61.260.210	\$84.445.440	\$16.044.634	\$100.490.074
2	EQUIPOS DE AIRES ACONDICIONADOS INVERTER Y EFICIENCIA ENERGÉTICA TIPO A.	\$14.843.434	\$4.837.360	\$19.680.794	\$3.739.351	\$23.420.145
3	COSTO TOTAL PROPUESTA					\$123.910.218

Fuente: Elaboración propia con presupuestos de las empresas Punto Solar SPA e Inversiones Nuevas Armonías SPA.

Presupuestos realizados en base al análisis de los consumos de energía eléctrica correspondientes al año 2023 para la estimación del sistema de autogeneración, en tanto para la evaluación del tamaño de los equipos de aire acondicionado, se tomó como información a considerar la dimensión de las salas de clases y oficinas.

Con base en el presupuesto presentado por la empresa PUNTO SOLAR SPA. como también por la empresa INVERSIONES NUEVAS ARMONIAS SPA, las cuales componen la propuesta de mejora N°2, la que asciende a la suma de \$123.910.218 millones de pesos para su implementación. Cotización del sistema de autogeneración, realizado para ser instalado en la techumbre del colegio, para esto es importante considerar que el área de disposición necesaria para la instalación de los paneles solares es de al menos 550 metros cuadrados, ya que el modelo de panel incorporado en la cotización corresponde al: “PANEL SOLAR MONO PERC TRINA 510w”, el cual tiene una dimensión de 2187x1102x35 milímetros. Sin embargo, el colegio no dispone de esta área en la techumbre para llevar a cabo la instalación de esta mejora.

Como alternativa, se podría considerar la instalación del sistema de autogeneración a piso, opción que afectaría negativamente las áreas destinadas a deporte y recreación para los alumnos lo que lo hace inviable, como también a considerar que el costo de instalación se incrementaría debido que se debe fabricar la estructura para su instalación. Además del elevado costo de implementación del sistema de autogeneración eléctrica el cual no incluye un banco de baterías de respaldo, al considerar añadir dicho banco incrementaría el presupuesto en \$33.035.900, lo que representa un aumento del 26,6%. Este monto adicional cubre el respaldo energético del 50% del sistema de autogeneración. Esta situación hace que la viabilidad del proyecto sea aún más cuestionable.

Imagen N°35, Precio referencia batería litio Huawei, modelo Luna 2000 5KWh.



Fuente: <https://www.todosolarchile.cl/producto/bateria-de-litio-huawei-luna2000-5kwh/>

Imagen N°36, Estimación costo incorporación de sistema de respaldo a la propuesta de mejora N°2

CANTIDAD	EQUIPO	PRECIO UNIUTARIO	VALOR TOTAL
7	BATERIA LLITIO HUAWEI 5KWh	\$3.290.000	\$23.030.000
1	GABINETE DE MONTAJE	\$333.300	\$333.300
1	FERRETERIA ELÉCTRICA	\$2.763.600	\$2.763.600
1	INSTALACIÓN	\$6.909.000	\$6.909.000
TOTAL			\$33.035.900

Fuente: Elaboración propia, con información extraído desde www.todosolarchile.cl y www.enertik.com

A raíz de los análisis y consideraciones presentados en las imágenes N°32 y N°33, se propone como mejora viable la instalación de dieciocho (18) equipos de aire acondicionado con tecnología inverter y eficiencia energética tipo A+. Estos nuevos equipos reemplazarán a los modelos antiguos y obsoletos actualmente en uso.

La incorporación de estos modernos aires acondicionados no solo proporcionará un mejor rendimiento y mayor eficiencia energética, sino que también optimizará el confort térmico en las instalaciones. Estos equipos operarán utilizando la energía eléctrica suministrada por la red de la empresa concesionaria de la zona. Se estima que esta mejora resultará en un incremento anual del consumo eléctrico de aproximadamente 49.720 kWh. Sin embargo, el reemplazo de los antiguos sistemas de calefacción por equipos de aire acondicionado más eficientes promete mejorar el ambiente interno del colegio, con un impacto positivo en el confort de alumnos y personal docente.

5.2 Análisis de beneficios de la implementación de la mejora:

Para evaluar la viabilidad de la mejora propuesta, es esencial analizarla tanto desde una perspectiva cuantitativa como cualitativa.

BENEFICIOS CUALITATIVOS.

Mejora del Confort Ambiental:

- **Control de Temperatura:** Los sistemas de aire acondicionado permiten un control más preciso de la temperatura en comparación con las calderas de petróleo, que generalmente tienen menos capacidad para ajustar las temperaturas de manera precisa. Esto puede crear un ambiente más cómodo y favorable para el aprendizaje.
- **Calidad del Aire:** Los sistemas de aire acondicionado a menudo incluyen filtros de aire que pueden mejorar la calidad del aire interior al eliminar polvo,

polen y otras partículas. Esto es especialmente beneficioso para estudiantes y personal con alergias o problemas respiratorios.

- **Función de Climatización Integral:** Los sistemas de aire acondicionado destacan la capacidad de proporcionar tanto calefacción en invierno como refrigeración en verano, lo que los convierte en una solución completa para el control del clima interior durante todo el año.

Sostenibilidad y Medio Ambiente:

- **Reducción de Emisiones:** El uso de petróleo para calefacción es conocido por su impacto negativo en el medio ambiente debido a las emisiones de gases de efecto invernadero y otros contaminantes. Estos gases, como el dióxido de carbono (CO₂) y el monóxido de carbono (CO), contribuyen al cambio climático y a la degradación de la calidad del aire. Las calderas de petróleo también emiten óxidos de nitrógeno (NO_x) y compuestos orgánicos volátiles (COV), que pueden causar problemas de salud y contaminación del aire.

Al reemplazar la caldera de petróleo con sistemas de aire acondicionado que utilizan electricidad, el colegio puede lograr una significativa reducción en sus emisiones de gases contaminantes. La eficiencia energética de los sistemas de aire acondicionado modernos, especialmente aquellos que operan con bombas de calor, permite un control climático más eficiente con un menor impacto ambiental. Si la electricidad utilizada para estos sistemas proviene de fuentes renovables, como la energía solar, eólica o hidroeléctrica, la huella de carbono se reduce aún más. De esta manera, se contribuye a la mitigación del cambio climático y se apoya el desarrollo de una red eléctrica más sostenible.

- **Responsabilidad Ambiental:** La adopción de tecnologías más limpias y eficientes, como los sistemas de aire acondicionado modernos, refleja un compromiso serio con la sostenibilidad. Para el colegio, esta transición no solo reduce su impacto ambiental, sino que también actúa como un modelo

positivo para estudiantes, personal y la comunidad en general. La implementación de sistemas eficientes y menos contaminantes subraya el papel de la institución en prácticas sostenibles y responsables. El compromiso con la sostenibilidad también puede mejorar la reputación del colegio, atrayendo a familias y estudiantes que valoran la responsabilidad ambiental

Seguridad: Las calderas de petróleo presentan varios riesgos significativos:

- **Fugas de Combustible:** Pueden provocar incendios y contaminación del suelo y agua.
- **Emisiones Peligrosas:** Emiten gases nocivos como dióxidos de nitrógeno y monóxido de carbono, que afectan la salud y la calidad del aire interior.
- **Riesgo de Incendios:** La naturaleza inflamable del petróleo aumenta el riesgo de incendios.
- **Mantenimiento y Seguridad:** Requieren procedimientos rigurosos para evitar fallos, y, aun así, los riesgos persisten.

Al cambiar a sistemas de aire acondicionado, estos riesgos se reducen considerablemente:

- **Seguridad Operativa:** No requieren combustibles inflamables, eliminando riesgos de fugas y fuego.
- **Menor Mantenimiento de Riesgo:** Requieren menos mantenimiento relacionado con riesgos de seguridad.
- **Mejora en la Calidad del Aire:** Equipados con filtros que ayudan a mantener un aire interior más limpio.
- **Cumplimiento Normativo:** Ayudan a cumplir con estándares de seguridad más estrictos

BENEFICIOS CUANTITATIVOS.

Reducción de Costos Energéticos:

- **Eficiencia Energética:** Los sistemas de aire acondicionado modernos, suelen ser mucho más eficientes que las calderas de petróleo. Por ejemplo, una bomba de calor puede tener un Coeficiente de Rendimiento (COP) de 3 a 4, lo que significa que, por cada unidad de energía eléctrica consumida, puede proporcionar 3 a 4 unidades de calefacción o enfriamiento, lo cual equivale a una eficiencia térmica del 300 hasta 400%. En contraste, las calderas de petróleo suelen tener una eficiencia térmica de alrededor del 80% a 90%.
- **Costos de Operación:** El costo del petróleo puede ser volátil y generalmente es más alto que el de la electricidad. Al cambiar a aire acondicionado, el colegio podría beneficiarse de tarifas eléctricas más estables, ya que puede generar un ahorro energético de hasta un 30%.

Otro método para evaluar el beneficio de los equipos propuestos es la calificación energética tipo A+, lo que denota una alta eficiencia energética como se presenta a continuación.

Imagen N°37, Tabla clasificación energética de los equipos.

	RENDIMIENTO EN REFRIGERACIÓN	RENDIMIENTO EN CALEFACCIÓN	ETIQUETA
BUENA EFICIENCIA	SEER $\geq$ 8,50	SCOP $\geq$ 5,10	A+++
	6,10 $\leq$ SEER < 8,50	4,60 $\leq$ SCOP < 5,10	A++
	5,60 $\leq$ SEER < 6,10	4 $\leq$ SCOP < 4,60	A+
	5,10 $\leq$ SEER < 5,60	3,40 $\leq$ SCOP < 4	A
	4,60 $\leq$ SEER < 5,10	3,10 $\leq$ SCOP < 3,40	B
	4,10 $\leq$ SEER < 4,60	2,80 $\leq$ SCOP < 3,10	C
CONSUMO MODERADO	3,60 $\leq$ SEER < 4,10	2,50 $\leq$ SCOP < 2,80	D
	3,10 $\leq$ SEER < 3,60	2,20 $\leq$ SCOP < 2,50	E
CONSUMO ALTO	2,60 $\leq$ SEER < 3,10	1,90 $\leq$ SCOP < 2,20	F
	SEER < 2,60	SCOP < 1,90	G

Fuente: <https://www.ocu.org/vivienda-y-energia/aire-acondicionado/consejos/aire-acondicionado-indices-eficiencia#>

Mantenimiento:

- **Menor Costo de Mantenimiento:** Las calderas de petróleo requieren un mantenimiento de dos veces al año, para la limpieza de los quemadores y el chequeo de las líneas de combustible. Por otra parte, los sistemas de aire acondicionado especialmente los que usan bombas de calor como es en este caso, generalmente tienen menos piezas móviles y requieren de una mantención al año. Esto puede traducirse en una reducción de los costos de mantenimiento y reparación.

Para cuantificar esta propuesta de mejora, se extrajo desde el pliego tarifario de la compañía CGE Distribución, el valor del cargo de energía eléctrica en kilowatt hora por un monto de \$141,282 pesos, de acuerdo con la tarifa de suministro eléctrico contratada por el establecimiento educacional BT3 y publicada en el sitio web de la compañía, vigente desde el 01 agosto 2024 (www.cge.cl),

A continuación, se presenta calculo estimado de los consumos energéticos y costo económico asociado a la propuesta de mejora.

Imagen N°38, Consumo energético y costo económico mensual estimado para la propuesta mejora.

BTU	CANTIDAD EQUIPOS	CONSUMO EN WATT POR EQUIPO	HORAS USO DIA	CONSUMO TOTAL WATT DIA	CONSUMO TOTAL KILOWATT DIA	DIAS USO MES	CONSUMO TOTAL KW/MES	CARGO ENERGÍA ELÉCTRICA KWH	COSTO MENSUAL
9000	6	833	10	49.980	49,98	20	1.000	\$141,282	\$141.225
18000	11	1.574	10	173.140	173,14	20	3.463	\$141,282	\$489.231
24000	1	2.800	10	28.000	28,00	20	560	\$141,282	\$79.118
36000	1	2.548	10	25.480	25,48	20	510	\$141,282	\$71.997
TOTAL	19	7.755		276.600	276,60		5.532		\$781.572

Fuente: Elaboración propia, con información extraída de catálogo de equipos de aire acondicionado marca Daitsu y pliego tarifario compañía CGE Distribución, www.cge.cl.

Nota: cargo energía eléctrica kwh por un valor de \$ 141,282 pesos, información extraída desde: <https://www.cge.cl/wp-content/uploads/2024/08/Tarifa-de-Suministro-Elctrico-a-Precio-de-Nudo-Promedio-de-Fijacion-vigente-desde-el-1-de-agosto-2024.pdf>

A continuación, se detalla el costo anual estimado para el funcionamiento de los dieciocho (18) equipos de aire acondicionado, más el equipo de 24.000 BTU que se mantendrá en funcionamiento ya que cuenta con tecnología inverter, tomando en consideración su funcionamiento de diez (10) meses, esto quiere decir desde marzo a diciembre.

Imagen N°39, Costo económico anual estimado de propuesta de mejora

CAPACIDAD BTU.	CANTIDAD EQUIPOS	COSTO MENSUAL	CANTIDAD MESES DE OPERACION	COSTO TOTAL ANUAL
9000	6	\$141.225	10	\$1.412.255
18000	11	\$489.231	10	\$4.892.313
24000	1	\$79.118	10	\$791.180
36000	1	\$71.997	10	\$719.973
COSTO ANUAL				\$7.815.721
COSTO MANTENCIÓN ANUAL				\$1.170.000
COSTO TOTAL ANUAL				\$8.985.721

Fuente: Elaboración propia, con antecedentes extraídos de la imagen N°35.

Actualmente, el Colegio Oxford School utiliza un sistema de calefacción basado en una caldera italiana de la marca Fer, modelo G3G 80, que distribuye el calor a través de una losa radiante en las salas de clases y oficinas. Además, el colegio cuenta con cuatro equipos de aire acondicionado, de los cuales tres son de tecnología antigua tipo on/off y forman parte del sistema de calefacción existente.

En términos de costos, el sistema actual genera un gasto anual de \$21.115.320 millones de pesos en petróleo, basado en los valores del año 2023. A esto se añade un costo anual estimado de \$2.704.140 millones de pesos en consumo de energía eléctrica para operar los equipos de aire acondicionado asociados al sistema de calefacción. En total, el costo anual estimado de operación del sistema de calefacción actual es de \$23.819.460 millones de pesos.

Imagen N°40, Costo operación anual del sistema de calefacción actual.

N° ORDEN	SISTEMA DE CALEFACCIÓN ACTUAL	COSTO OPERACIÓN ANUAL
1	CALDERA G3G 80	\$21.115.320
2	EQUIPOS DE AIRES ACONDICIONADOS	\$2.704.140
COSTO TOTAL DE OPERACIÓN ANUAL		\$23.819.460

Fuente: Elaboración propia con información levantada año 2023 del Colegio Oxford School.

5.3. Cuadro comparativo de costos y beneficios:

En esta etapa del análisis del proyecto, es crucial presentar un cuadro comparativo detallado que refleje tanto los costos como los beneficios monetarios asociados. Este cuadro permitirá una evaluación clara y objetiva para determinar si los beneficios cuantitativos superan los costos involucrados. Esto se realiza calculando el indicador de análisis costo-beneficio. Indicador que se obtiene dividiendo el valor total de los beneficios económicos por el valor total de los costos, como se muestra a continuación:

Imagen N°41, Beneficio cuantitativo de ahorro con propuesta de mejora

SISTEMAS DE CALEFACCIÓN	COSTO OPERACIONAL ANUAL
SISTEMA DE CALEFACCIÓN ACTUAL	\$23.819.460
PROPUESTA DE MEJORA	\$8.985.721
AHORRO ANUAL CON PROPUESTA DE MEJORA	\$14.833.739

Fuente: Elaboración propia con información del colegio Oxford School y presupuesto empresa Inversiones nuevas armonías spa.

Imagen N°42, Costo implementación propuesta mejora

DISEÑO DE PROPUESTA	DETALLE DE ITEM	CANTIDAD	COSTO UNITARIO	COSTO TOTAL
DISEÑO DE MEJORA MEDIANTE LA IMPLEMENTACIÓN DE EQUIPOS DE AIRE ACONDICIONADO	EQUIPOS DE AIRE ACONDICIONADO 9.000 BTU (INSTALADO)	6	\$630.168	\$3.781.008
	EQUIPOS DE AIRE ACONDICIONADO 18.000 BTU (INSTALADO)	11	\$873.866	\$9.612.526
	EQUIPOS DE AIRE ACONDICIONADO 36.000 BTU (INSTALADO)	1	\$1.449.900	\$1.449.900
	MATERIALES ELÉCTRICOS		\$1.230.000	\$1.230.000
	MATERIALES GASFITERÍA		\$1.771.000	\$1.771.000
	GASTOS GENERALES		\$1.836.360	\$1.836.360
COSTO NETO				\$19.680.794
IVA 19 %				\$3.739.351
COSTO TOTAL				\$23.420.145

Fuente: Elaboración propia con presupuesto proporcionado por la empresa Inversiones Nuevas Armonías SPA.

Para concluir sobre la viabilidad de un proyecto, es fundamental evaluar la relación Beneficio / Costo utilizando el siguiente criterio:

$$\text{Índice Costo-Beneficio} = \frac{\text{Beneficios Totales}}{\text{Costos Totales}}$$

Si Beneficio/Costo > 1, indica que los beneficios superan los costos, por lo que el proyecto debe ser considerado.

Si Beneficio/Costo = 1, indica que los beneficios y los costos son equivalentes, sin obtener ganancia.

Si Beneficio/Costo < 1, indica que los costos exceden los beneficios y el proyecto no deber ser considerado.

Dado lo anterior, tenemos lo siguiente:

$$\frac{\text{Beneficios Totales}}{\text{Costo Operacional Total}} = \frac{\$ 14.833.739}{8.985.721} = 1,7 \text{ (unidades monetarias)}$$

El proyecto presentado es viable y demuestra que, por cada unidad monetaria adicional invertida en la propuesta de mejora para el ahorro, se obtienen 1,7 unidades monetarias adicionales en beneficios.

5.4. EVALUACIÓN ROI:

La fórmula general para calcular el ROI, basada en la relación entre beneficio y costo es:

Cálculo del Retorno de la Inversión (ROI):

$$ROI \equiv \left(\frac{\text{Beneficio Anual}}{\text{Inversión Inicial}} \right) \times 100$$

$$ROI \equiv \left(\frac{14.833.739}{23.420.145} \right) \times 100$$

$$ROI = 63,3\%$$

El cálculo del Retorno sobre la Inversión (ROI) revela que el proyecto está obteniendo un retorno del 63,3%. Este valor es significativo por varias razones:

- Un ROI del 63,3% indica que el proyecto está generando un retorno positivo en relación con la inversión inicial. Es decir, por cada unidad monetaria que aumenta la propuesta de mejora, el proyecto está generando 63,3 unidades monetarias adicionales como beneficio neto.
- Un ROI del 63,3% generalmente se considera bastante alto, lo que podría indicar que el proyecto es más rentable en comparación con otras inversiones de la misma naturaleza. esto puede ser un indicio de una buena gestión del proyecto y una elección acertada de la inversión.

- Un ROI elevado como el 63,3% no solo muestra una buena rentabilidad, sino que también puede contribuir positivamente a la salud financiera general del establecimiento educacional. Esto puede llevar a una mayor disponibilidad de recursos para futuras inversiones o mejoras.

5.5. EVALUACIÓN PRI:

La fórmula para calcular el Periodo de Recuperación de la Inversión (PRI) determina el tiempo necesario para recuperar la inversión inicial a partir de los beneficios generados por el proyecto. Este cálculo se expresa en años o en la unidad de tiempo que se elija.

Cálculo del Periodo de Recuperación de la Inversión (PRI):

$$PRI \equiv \left(\frac{\text{Inversión Inicial}}{\text{Beneficio Anual}} \right)$$

$$PRI \equiv \left(\frac{23.420.145}{14.833.739} \right)$$

$$PRI = 1,57 \cong 1,6$$

El cálculo del Periodo de Recuperación de la Inversión (PRI) revela que al proyecto le tomará 1,6 años recuperar la inversión inicial. Este valor es significativo por varias razones:

- El PRI resultante indica que tomará 1,6 años para recuperar la inversión inicial, mediante los beneficios generados anualmente por el proyecto.

- Un PRI de 1,6 años es relativamente corto, lo cual generalmente es una señal positiva. Significa que el proyecto es capaz de recuperar su inversión inicial en un período relativamente breve, además suele ser preferible, ya que reduce el riesgo asociado a la inversión, al recuperar el capital invertido más rápidamente y permite al inversor empezar a generar beneficios netos en menos tiempo.

VI. CONCLUSIÓN:

Con base en el análisis del estudio técnico, la implementación de equipos de aire acondicionado con tecnología inverter y una eficiencia energética tipo A+ se presenta como una propuesta valiosa para el Colegio Oxford School. Esta mejora no solo optimiza el confort y satisfacción de alumnos y docentes, sino que también revitaliza la imagen institucional del colegio, alineándola con los principios de sustentabilidad y eficiencia energética.

Valor Agregado y Percepción Institucional

La incorporación de esta tecnología avanzada añade un valor significativo al establecimiento, al tiempo que proyecta una imagen institucional renovada y comprometida con la sostenibilidad. La difusión del proyecto generará contenido que resalte la transformación del colegio en un líder en prácticas sustentables, fortaleciendo su reputación tanto dentro como fuera de la comunidad educativa.

Beneficios Ambientales y Técnicos

Desde una perspectiva técnica, esta mejora contribuye de manera considerable al bienestar ambiental del colegio. La adopción de un sistema de calefacción más eficiente y menos contaminante promueve la reducción de la huella de carbono del establecimiento. Al reemplazar la caldera actual, que emite niveles significativos de CO₂, con el nuevo sistema, se logrará una disminución notable en las emisiones de gases de efecto invernadero, contribuyendo así a un entorno más limpio y saludable.

Evaluación Técnica y Económica

En cuanto a la evaluación técnica y económica del proyecto para el Colegio Oxford School, los resultados obtenidos son muy prometedores. La inversión total requerida asciende a \$23.420.145 millones de pesos. Bajo los parámetros y estimaciones establecidas, el proyecto muestra una excelente rentabilidad:

- **Periodo de Recuperación de la Inversión (PRI):** 1,6 años.
- **Beneficio Anual:** \$14.833.739 millones de pesos.
- **Tasa Retorno de la Inversión (ROI):** 63,3%.

Estos índices reflejan que el proyecto no solo es viable, sino altamente rentable. Además, la operación anual del nuevo sistema propuesto es de \$8.985.721 millones de pesos, lo que representa una reducción del 62,3% en comparación con el costo del sistema de calefacción actual.

Riesgos y Consideraciones Futuras

Una de las principales amenazas identificadas es el posible incremento en el precio de la energía eléctrica a nivel nacional, lo cual podría afectar negativamente los ingresos proyectados del proyecto. Es importante tener en cuenta esta variable al planificar y evaluar el impacto financiero a largo plazo.

Aunque el proyecto será financiado íntegramente con recursos propios del Colegio Oxford School, en el caso de futuros proyectos que requieran financiamiento externo, se recomienda realizar las evaluaciones en moneda nacional. Esto evitará riesgos asociados con fluctuaciones en el tipo de cambio y garantizará una planificación financiera más estable y predecible.

En resumen, el proyecto de incorporación de equipos de aire acondicionado con tecnología inverter y eficiencia energética tipo A+ representa una inversión estratégica para el Colegio Oxford School. Ofrece beneficios tangibles en términos de reducción de costos operativos, impacto ambiental positivo, y mejora de la percepción institucional. La evaluación técnica y económica demuestra que la propuesta es sólida y rentable, con un retorno de inversión atractivo y una reducción significativa en los costos de operación. A pesar de los riesgos asociados con posibles aumentos en el costo de la energía, la inversión está bien alineada con los objetivos de sostenibilidad y eficiencia del colegio.

ESTADO DE RESULTADO Y CUMPLIMIENTO OBJETIVOS ESPECÍFICOS.

Imagen N°43 Estado resultado objetivos específicos.

Orden Número	Objetivos Específicos	Nivel de Cumplimiento	Observaciones
1	Elaborar un levantamiento del sistema actual, para establecer el escenario base del proyecto.	100%	Desarrollado en el título III
2	Analizar la normativa vigente relacionada con los sistemas de calefacción, a través de revisiones bibliográficas para cumplir con el marco regulatorio chileno.	100%	Desarrollado en el título IV
3	Formular un estudio técnico del sistema de calefacción, para definir oportunidades de mejoras.	100%	Desarrollado en el título IV
4	Definir la inversión inicial del sistema, a través de cotizaciones de proveedores para establecer el monto de la inversión.	100%	Desarrollado en el título V
5	Evaluar la propuesta desarrollada, mediante la aplicación de herramientas de evaluación de proyectos, para definir la factibilidad económica y el caso de negocio que permita generar ahorros para el establecimiento educacional.	100%	Desarrollado en el título V

Fuente: Elaboración propia.

REVISIÓN BIBLIOGRAFICA

- Sapag Chain Nasir/ Sapag “Preparación y evaluación de Proyecto”, España 2014.
- Ponce Talancón Humberto “La Matriz Foda: alternativa de diagnóstico y determinación de estrategias de intervención en diversas organizaciones”, México 2017.
- BRIBIAN, I. Z., & USON, A. A. (2009). Energía solar térmica (Serie Energías renovables). Zaragoza: Prensas universitarias de Zaragoza.
- Ré, M. G., & Michaux, M. C. (2019). certificación de sustentabilidad ambiental para edificios escolares en etapa de uso. análisis comparativo de cuatro modelos internacionales. 23.
- Biblioteca del Congreso Nacional, 2021, Matriz Energética y Eléctrica en Chile, Asesoría técnica parlamentaria.
- Comisión Nacional de Energía Chile, 2020, Informe de costos de tecnologías de generación.

REVISIÓN WEBGRAFÍAS.

- <https://miro.com/es/planificacion-estrategica/que-es-analisis-pest/>.
- <https://blogposgrado.ucontinental.edu.pe/por-que-es-importante-la-cadena-de-valor-de-una-empresa>
- <https://blog.hubspot.es/marketing/fuerzas-de-porter>
- <https://concepto.de/diagrama-de-ishikawa/>
- <https://asana.com/es/resources/risk-matrix-template>
- <https://www.endesa.com/es/la-cara-e/energias-renovables/energia-solar>
- <https://www.repsol.com/es/energia-futuro/futuro-planeta/energia-solar/index.cshtml>
- <https://www.recschile.cl/>
- <https://www.evolusun.cl/financiamiento-subsidios-energia-fotovoltaica/>
- <https://energia.gob.cl/noticias/nacional/subsecretario-de-energia-inaugura-paneles-solares-en-colegio-de-penalolen>
- <https://es.climate-data.org/america-del-sur/chile/ix-region-de-la-araucania/villarrica-149144/>
- https://www.ingenieria.unam.mx/especializacion/egreso/Como_redactar_un_informr_tecnico.pdf.