

UNIVERSIDAD FEDERAL DO PARANÁ

JAVIER HUMBERTO GARCÍA OYARZÚN

PROYECTO DE EFICIENCIA ENERGÉTICA CALEFACCIÓN SUSTENTABLE, ANÁLISIS AMBIENTAL Y
RECAMBIO DE SISTEMA DE CALEFACCIÓN POR BOMBA DE CALOR, RECAMBIO DE LUMINARIA
FLUORESCENTE DEL CONDOMINIO DOS ESTEROS, PUERTO MONTT, CHILE

CURITIBA 2021

JAVIER HUMBERTO GARCÍA OYARZÚN

PROYECTO DE EFICIENCIA ENERGÉTICA CALEFACCIÓN SUSTENTABLE, ANÁLISIS AMBIENTAL Y
RECAMBIO DE SISTEMA DE CALEFACCIÓN POR BOMBA DE CALOR, RECAMBIO DE LUMINARIA
FLUORESCENTE DEL CONDOMINIO DOS ESTEROS, PUERTO MONTT - CHILE

PROYECTO PARA POSTULAR A MBA EN GESTIÓN ESTRATÉGICA EN ENERGÍAS
NATURALES RENOVABLES, SECTOR DE CIENCIAS AGRARIAS, UNIVERSIDAD
FEDERAL DE PARANÁ

Profesor Orientador: Dr. Sebastián Ribeiro Jr.

Sector de Ciencias Agrarias, Universidad Federal de Paraná

PROFESOR: Adriano Fabri

Sector de Ciencias Agrarias, universidad Federal de Paraná

CURITIBA 2021

PROYECTO PARA POSTULAR A MBA EN GESTIÓN ESTRATÉGICA EN ENERGÍAS NATURALES RENOVABLES, SECTOR DE CIENCIAS AGRARIAS, UNIVERSIDAD FEDERAL DE PARANÁ

Autor: Javier Humberto García Oyarzún

Resumen: El presente documento se desarrolla para postular al MBA en Gestión Energética en Energías Naturales Renovables de la Universidad Federal de Paraná. En el cual se da a conocer el análisis de una propuesta energética sustentable, estrategias de descontaminación ambiental y cambio tecnológico, aplicando mejoras de eficiencia energética para iluminación y calefacción residencial, en un edificio ubicado en el sur de Chile. Para ello, se describe la condición ambiental local producto de la contaminación y deforestación de los bosques, por el mal uso del combustible para calefacción, biomasa -leña y recambio tecnológico hacia luminarias led. Lo anterior, se acompaña de la recopilación de información técnica y ambiental, revisión bibliográfica y conclusiones.

Palabras clave: eficiencia energética, calefacción sustentable, energías naturales renovables, descontaminación ambiental

PROJECT TO APPLY FOR AN MBA IN STRATEGIC MANAGEMENT IN RENEWABLE NATURAL ENERGIES,
AGRICULTURAL SCIENCE SECTOR, FEDERAL UNIVERSITY OF PARANÁ

Author: Javier Humberto García Oyarzún

Abstract: This document is developed to apply for the MBA in Energy Management in Renewable Natural Energies of the Federal University of Paraná. In which the analysis of a sustainable energy proposal, environmental decontamination strategies and technological change is announced, applying energy efficiency improvements for lighting and residential heating, in a building located in southern Chile. To do this, the local environmental condition product of the pollution and deforestation of the forests is described, due to the misuse of fuel for heating, biomass -firewood and technological replacement towards LED luminaires. This is accompanied by the collection of technical and environmental information, literature review and conclusions.

Keywords: energy efficiency, sustainable heating, renewable natural energy, environmental decontamination.

1. Introducción

El presente trabajo tiene como motivación entregar un análisis de algunos conceptos de eficiencia energética para la generación de calor domiciliario, siendo relevante porque nos ofrece una alternativa sustentable ambientalmente y que contribuya a la descontaminación ambiental atmosférica, producto de la forma de utilización del combustible leña para calefacción, en el sur de nuestro país, Chile, este estudio puede ser consultado como alternativas de cambio tecnológico, siendo un aporte al análisis del uso de calefacción domiciliaria y cambio de Ampolletas, la calefacción y el recambio tecnológico en Chile es parte de una constante evolución hacia nuevas tecnologías con nuevos combustibles, existen varios estudios en nuestro país realizados por universidades, ministerio de energía sobre el recambio tecnológico y la importancia de la calefacción e iluminación en el sur de Chile .

En el sur de Chile, la mayoría de los hogares se calefaccionan a través del combustible leña, lo que se traduce en una gran problemática, producto de los alto índices de la contaminación atmosférica y deforestación de los bosques.

Con utilización de criterios de eficiencia energética, podemos cambiar nuestro consumo energético usando otros combustibles y tecnologías amigables con el medio ambiente.

Depende de nosotros en cómo contribuimos en el ahorro energético y en cómo ser parte de la eficiencia energética, para no desperdiciar grandes cantidades de energía y además aportar a la disminución de los gases de efecto invernadero.

En este trabajo, se presentan tres ejemplos de la implementación de cambio de luminarias e implementación de bombas de calor, análisis económico y justificación con relación a los consumos energéticos y la tecnología seleccionada.

La metodología utilizada corresponde a la investigación bibliográfica y los datos de consumo energético promedio.

1.1 Objetivo general

El presente documento contiene la formulación y evaluación de un proyecto de eficiencia y energética, fue realizado un análisis técnico y ambiental con la utilización de un combustible menos contaminante (bomba de calor) para el uso domiciliario en un edificio; y recambio de luminarias a ampolletas LED de bajo consumo, cuyo objetivo se basa en una situación supuesta, para evaluar los aspectos de gestión económicos y sociales que involucran aplicar medidas de eficiencia energética.

2. Desarrollo

La propuesta señala que, en la comuna de Puerto Montt, en un edificio destinado a vivienda, con un total de 15 pisos y 230 departamentos aproximadamente, se realice una mejora en la gestión de la energía, de dicha edificación, este edificio fue elegido considerando los futuros proyectos de edificación en la comuna de Puerto Montt, y las necesidades de calefacción e iluminación, en una zona conocida ambientalmente por el mal uso del combustible local (leña), e iluminación defectuosa de baja eficiencia, con un gran costo ambiental y recambio por una tecnología más moderna y menos contaminante.

La infraestructura cuenta con iluminación a través de tubos fluorescentes en los espacios comunes y estacionamientos. Es la aerotermia (bomba de calor aire-agua) una fuente energética renovable que aprovecha el calor del aire exterior para bombearlo hacia el interior de las viviendas, aprovechando la evaporación y condensación de un fluido frigorífico a distintas presiones.

A través de un compresor la bomba de calor tiene una zona de baja presión, que favorece la absorción de calor (evaporador) y otra zona de alta presión, que favorece la cesión del calor tomado del aire exterior (condensador). Este condensador intercambia la energía con el circuito de agua, pudiendo usarse para suministrar servicio de calefacción y/o agua caliente sanitaria. Para que se produzca este bombeo de calor de un foco que está a baja temperatura hacia otro foco a mayor temperatura se precisa el cambio de presión del fluido refrigerante que absorberá calor a baja presión en la que es más fácil la evaporación, y lo cederá a alta presión en la que es más fácil la condensación.

Las bombas de calor son capaces de climatizar ambientes, como también de calentar agua para fines domésticos o industriales, con alta eficiencia, bajos costos de operación, usando recursos limpios y renovables.

1.2 Aplicaciones y Ventajas

En términos simples, las bombas de calor son equipos que transfieren energía térmica de un lugar a otro, pudiendo calentar o enfriar un espacio, un fluido o agua caliente sanitaria (ACS).

Como tal, sus aplicaciones incluyen la climatización de viviendas, locales comerciales, oficinas, edificios, centros educacionales o de salud, etc.; calentamiento de agua y fluidos para procesos productivos mineros, textiles, alimentarios, entre muchos otros; calentamiento de ACS para usos domésticos e industriales; procesos de refrigeración, congelamiento y secado; y diversas actividades industriales como lavado, pasteurización y producción de vapor.

La Guía para el Usuario de Bombas de Calor resalta que su implementación tiene ventajas como las siguientes:

- Son altamente eficientes, pudiendo entregar entre dos y cinco unidades de calor, por cada unidad de energía consumida.
- Es posible usarlas en diferentes condiciones geográficas y climáticas.

- Operan con recursos renovables, como el calor de la tierra o del aire exterior, generando un impacto ambiental menor.
- Tienen bajos costos de operación.
- Requieren poco mantenimiento, son duraderas y altamente confiables. “Para aplicaciones residenciales, la vida útil promedio va desde los 20 a los 25 años”.
- Se pueden implementar en diversos tamaños y cargas de energía: desde aplicaciones pequeñas que requieren, por ejemplo, de 5 kW hasta sistemas de calefacción distrital de 100 a 1.000 kW o más.
- Ayudan a disminuir la emisión de gases de efecto invernadero y así, frenar el cambio climático. Y acumuladores de calor en las unidades de vivienda para la calefacción.

La mejora que se pretende evaluar consiste en el recambio de la luminaria en los sectores de circulación común como son escaleras, estacionamientos y pasillos; junto con el recambio del sistema de calefacción al interior de los departamentos.

A través de la investigación bibliográfica e información de terreno referente a un análisis de datos para construcción de las tres alternativas de consumo y poder tomar una decisión de inversión.

1.3 Problemática ambiental por el uso de calefacción en el sur de Chile

La leña es uno de los combustibles utilizados más importantes para la calefacción en el sur de Chile, producto de la mala combustión de sus estufas, y mal uso del combustible leña verde, ha incrementado la contaminación atmosférica por emisión de material particulado. Llegando a altos niveles de emisiones nocivos, declarando a varias ciudades del sur de Chile como zonas saturadas. Entre ellas las ciudades de Osorno, Valdivia, Puerto Montt que poseen condiciones climáticas muy semejantes.

Por ello, el Estado de Chile implementó un programa público que busca mitigar la contaminación atmosférica, son los llamados Planes de Descontaminación Atmosférica (PDA), a través de instrumentos de gestión ambiental, se implementan medidas y acciones específicas, que tienen por finalidad reducir los altos niveles de contaminación del aire, para resguardar la salud de toda la población.

La Ciudad de Puerto Montt fue declarada el año 2021 como zona saturada y, por ende, se encuentra sujeta a un plan de descontaminación, existen estaciones de monitoreo del aire desde el año 2015, las que registran los niveles de contaminación atmosférica en la ciudad y cuyos datos son medidos y analizados por el Ministerio de Medio Ambiente, los calefactores a leña entregan energía calórica en un alto porcentaje a los hogares del sur, se estima que un 90% de la población solo en la región de los Lagos se calefacciona con combustible leña, pellets, y briquetas.

Por esta razón y los grandes niveles de contaminación atmosférico que se registran en el sur de Chile, asociados al mal uso de la calefacción a leña como combustible, y sumado a la continua destrucción del bosque

nativo he decidido tomar este tema con una solución en el cambio del tipo de calefacción de forma domiciliaria aplicable al uso de un edificio de departamentos y la reconversión hacia una calefacción menos contaminante.

Plan de descontaminación atmosférica para la comuna de Puerto Montt. Se declaró zona Saturada por material particulado respirable (MP 10), como concentración diaria y anual, y por material particulado fino respirable (MP 2,5), como concentración diaria, a la zona geográfica que comprende la comuna de Puerto Montt, producto de las superaciones de las normas primarias de calidad ambiental para MP 10 y MP 2,5. El PDA, establece una serie de medidas para las principales fuentes de emisión identificadas en la zona.

La población beneficiada por este Plan es de 250.000 habitantes, donde las principales medidas son las siguientes:



Fuente: PDA Valdivia MMA, 2020.

Un alto consumo de leña para calefacción residencial en la ciudad y una baja eficiencia térmica de las viviendas, lo que resulta en un excesivo consumo de leña y en bajas temperaturas interiores, en especial en hogares de bajos ingresos. Los efectos combinados de la insuficiente eficiencia energética de las viviendas (poca aislación térmica), el bajo confort ambiental y el gran porcentaje de los ingresos que se invierten en calefacción resultan en un alto nivel de pobreza de energía.

En Chile, la energía generada a partir de la utilización de biomasa forestal representa el 24% de la matriz de energía primaria. El 95% de las viviendas de las regiones del centro-sur de Chile usan leña para calefacción y en algunos casos también para la cocción de alimentos.

1.4 Aspectos Ambientales

Actualmente, las ciudades de Talca, Chillán, Los Ángeles, Temuco, Valdivia, Osorno, Puerto Montt en el centro-sur de Chile, sufren de graves problemas de contaminación atmosférica con concentraciones de material particulado MP 10 y MP 2.5 que sobrepasan los estándares nacionales e internacionales.

La contaminación atmosférica se incrementa por el uso de calefactores que permiten la operación en modo de combustión lenta (entrada de aire ahogada). Este tipo de calefacción se usa en la mayoría de los hogares, y genera elevadas emisiones de material particulado. Calefactores probados en Chile y Australia demostraron que el modo de operación de combustión lenta aumenta las emisiones de material particulado en 10 veces y que este aumento ocurre igualmente en estufas antiguas y nuevas. Otros países de la OCDE (Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico) tienen regulaciones más estrictas sobre el uso de este tipo de calefactores. Por ejemplo, en Nueva Zelanda los calentadores que permiten el modo de operación ahogada están prohibidos.

El 97% de la leña se compra en el mercado informal (abarcando la tala ilegal de bosque nativo) junto a que hay poco control sobre su contenido de humedad, lo que afecta directamente la eficiencia del proceso de combustión. El uso de leña para calefacción también tiene consecuencias a nivel global, debido a la emisión de gases de efecto invernadero (GEI), eso, debido a que las principales fuentes de emisión de carbono negro en Chile provienen del transporte diésel, la calefacción y cocina residencial a leña. Este carbono negro pertenece al grupo de forzantes climáticos de vida media corta, gases o partículas que viven en tiempos relativamente cortos < 20 años y que tienen un efecto climático nocivo. Las emisiones de GEI de la leña dependen del origen de la biomasa utilizada. En el caso de Puerto Montt, dicho origen es incierto, ya que la mayor parte de la leña proviene de fuentes informales y no de bosques manejados de manera sustentable, en cuyo caso se podría considerar neutro dentro del ciclo de carbono.

1.5 Riesgos para la salud

Los riesgos para la salud asociados a contaminación atmosférica por material particulado son ampliamente conocidos y los registros muestran un aumento notable de las atenciones hospitalarias durante el invierno. La mayor amenaza del humo proviene de las partículas finas, MP 2,5. Estas partículas microscópicas pueden entrar en los ojos y provocar ardor, goteo nasal y afectar al sistema respiratorio, ya que son capaces de penetrar hasta los alvéolos pulmonares e ingresan directamente al torrente sanguíneo, aumentando los riesgos de mortalidad prematura. Las partículas finas pueden empeorar los síntomas del asma y desencadenar ataques de estos. También pueden desarrollar infartos de miocardio, ritmo cardíaco irregular e insuficiencia cardíaca, en especial en personas que ya están en riesgo por estas enfermedades. El problema se agrava cuando los contenidos de humedad en la leña son altos y cuando las estufas son de baja eficiencia o tienen un mal funcionamiento.

1.6 Buenas prácticas

¿Cómo ciudadanos? Podemos ayudar de varias formas para disminuir la contaminación atmosférica, específicamente en el tema de calefacción, contribuyendo a limpiar el aire y a restablecer el equilibrio con la Tierra. Algunas buenas prácticas son:

- Comprar calefactores certificados que tengan el sello de la Superintendencia de Electricidad y Combustibles (SEC).
- Sellar puertas y ventanas con cintas adhesivas, masillas, silicona u otros, evitando así pérdidas de calor.
- Evitar el uso de leña húmeda como medio de calefacción, prefiere gas natural o electricidad.

Si utilizas calefactores o cocinas a leña:

- Si es posible, cambiar calefactor por uno de menores emisiones y de mayor eficiencia, privilegiando el uso de combustibles alternativos como gas, electricidad, briquetas, pellet, entre otros.
- Usar siempre leña certificada y seca (menor a 25% de humedad), comprada a comerciantes establecidos, guárdala separada del suelo, en un lugar bajo techo, ventilado y sin humedad.

Así se produce una adecuada mezcla del combustible con el aire, generando una correcta combustión.

Es importante comprender qué la contaminación del aire, sus causas y consecuencias en el medio ambiente, tienen efecto en la salud de las personas, debiendo ser conscientes de la calidad del aire y las emisiones que repercuten en las demás personas, intentando aplicar buenas prácticas y buen manejo de leña, más hoy debido a la pandemia del virus COVID-19. La invitación es a pensar y actuar contemplando el derecho a vivir en un medio ambiente libre de contaminación para todos.

1.7 Definición de la metodología

El condominio Dos Esteros, ubicado en la comuna de Puerto Montt, Región de los Lagos, copropiedad compuesta por 460 unidades habitacionales, con alrededor de 920 residentes.

Esta torre tiene en total 25 pisos contando 2 subterráneos que son destinados para estacionamiento de visitas y residentes, además de bodegas.

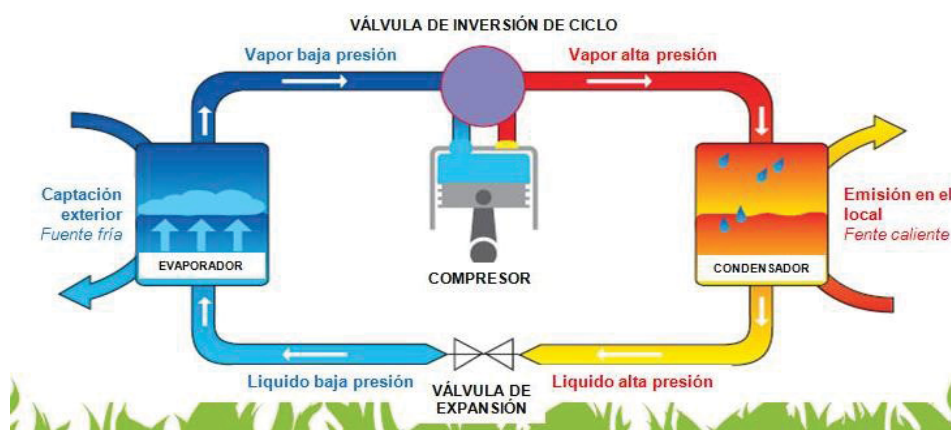
Actualmente, la problemática de los residentes radica en los altos costos energéticos por concepto de calefacción, a través de acumuladores de calor. El acumulador de calor es una tecnología con un coeficiente

de desempeño igual a 1, lo que implica que, por cada kWh. eléctrico de consumo, genera como máximo 1 kWh. térmico de calefacción que se deposita en el recinto a calefaccionar. Esta condición conlleva a que exista una baja eficiencia energética en el proceso.

Recientemente, gracias a la evolución de las bombas de calor, se pueden encontrar tecnologías con un COP (Coeficiente de desempeño) superior a 5, lo que implica que se quintuplica la generación de energía térmica con 1kW de consumo de electricidad. Esta opción se ve muy atractiva para los residentes de este condominio, considerando que el mercado ha ido regulando los precios de esta tecnología gracias a la masificación que se ha tenido los últimos años, sumado además a que su instalación es levemente sencilla, requiriendo sólo un espacio externo de bajas dimensiones (ejemplo un espacio de balcón), para disponer el intercambiador de calor aerotérmico.

El principio de funcionamiento de la bomba de calor aire – aire se basa en el ciclo de refrigeración. Este consiste en un circuito cerrado por donde fluye una sustancia refrigerante, el cual, tiene la propiedad de absorber o ceder calor. Una parte de la bomba se instala en el exterior (por ejemplo, balcón), y consiste en el evaporador. Cuando el refrigerante circula por el evaporador, absorbe la energía del medio exterior, extrayendo calor del aire exterior (por lo tanto, no tiene que generar calor a generarlo). Cuando el refrigerante circula por el evaporador, absorbe la energía del medio, extrayendo calor del aire exterior (por lo tanto, no tiene que generar calor a partir de electricidad, ya que lo extrae del aire). Posteriormente el fluido refrigerante circula hasta llegar al equipo que está instalado en el interior del recinto que se pretende calefaccionar, que es el condensador. En esta etapa, el fluido libera calor al ambiente, cambiando su estado de vapor a líquido, para luego continuar su ciclo por el circuito hasta llegar a una válvula de expansión, donde se le disminuye la presión para prepararlo para ingresar nuevamente al evaporador y reiniciar el ciclo. Lo anteriormente mencionado se puede apreciar en el esquema de la Figura N°1, expuesta a continuación:

Ciclo de bomba de calor:



Análisis para el recambio de iluminación:

Por otro lado, otra de las problemáticas del condominio radica en la inquietud entre los residentes de los altos volúmenes de tubos fluorescentes que deben cambiarse cada mes, producto de la caducidad de vida útil. El tubo fluorescente constituye un residuo peligroso y debe gestionarse como tal, de acuerdo con lo establecido en el Decreto Supremo 148 "Reglamento sanitario sobre el manejo de residuos peligrosos"; debiendo cancelar cerca de \$900 por cada kilo de este residuo para que una empresa externa con Resolución sanitaria para la manipulación de estos residuos pueda retirarlos y disponerlos como establece la normativa. Ante esta circunstancia, se desea aprovechar el próximo recambio masivo de iluminación para instalar la tecnología LED. Con esta iniciativa se obtienen los siguientes beneficios:

- 1) Mayor vida útil de los tubos LED (15.000 horas aproximadamente, lo que es el doble que el fluorescente convencional)
- 2) Reducción de los costos energéticos, dado que el tubo Led es el doble de eficiente que el convencional.
- 3) Eliminación de los costos de disposición de tubos fluorescentes como residuos peligrosos, debido a que el tratamiento post vida útil de los tubos Led, no son tratados como residuos peligrosos logrando así un ahorro para las familias que son residentes de esta comunidad. Por otro lado, el recambio tiene la ventaja que sólo se debe cambiar la conexión de la bandeja que contienen el tubo, respecto de la luminaria actual y no es necesario adquirir un nuevo módulo para instalar el tubo LED.

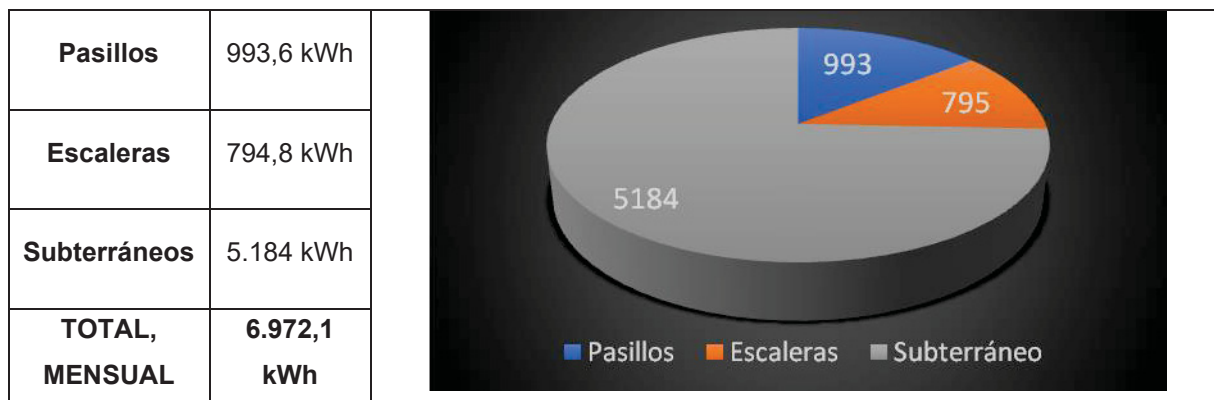
Cambio parcializado de la luminaria y acumuladores de calor, versus costo.

1.8 Línea de base Iluminación

Actualmente se utiliza una iluminación basada en tubos fluorescentes de una potencia de 36 W, distribuidos en las distintas áreas comunes del edificio, como son los pasillos y estacionamientos.

A continuación, se calcula la cantidad de energía que actualmente se está consumiendo por el uso de los tubos fluorescente para la iluminación:

Tabla Cálculo consumo de energía por iluminación actual espacios comunes



Finalmente, para calcular el valor que mensualmente se está pagando por concepto de iluminación de espacios comunes, se buscó en el pliego tarifario de la distribuidora, el valor del kWh, que corresponde a \$133. Con este dato, calcula el total de pago por Iluminación:

Proyectando estas cifras, es posible apreciar el comportamiento de los costos asociados a iluminación a través del tiempo.

1.9 Línea de base calefacción

Se utilizaron boletas de consumo de todo un año de uno de los departamentos estándar del edificio.

Como estas tarifas no están diferenciadas respecto a los kWh de consumo eléctrico por concepto de calefacción en acumulador, se realizaron las siguientes suposiciones para estimarlo:

Se tomará el consumo de energía del mes del año donde las temperaturas fueron más bajas, y se supondrá que este es el consumo de los artefactos no asociados a calefacción.

De esta forma, el mes más cálido tiene un consumo de 256 kWh. Con esta base se calculará el consumo en kWh de consumo de calefacción de los meses de 1 año calendario:

Como existe un acumulador por departamento, el monto total del costo para 230 departamentos es de: \$61.883.570.

1.10 Evaluación de proyecto:

Recambio de Iluminación

Para el recambio de iluminación, se considera reemplazar la totalidad de los tubos fluorescentes de 36 W por su equivalente en LED (en tamaño), que tiene una potencia de sólo 18W.

De acuerdo con lo cotizado en el mercado, el valor unitario de un tubo fluorescente LED es de \$4.760, como el que se aprecia en la imagen siguiente obtenida de una empresa online del retail:



Imagen cotización tubo LED

Es importante señalar, además que el tubo LED no requiere de los componentes como partidor y ballast que requiere el tubo fluorescente para su funcionamiento; ya que en sus terminales están insertos los componentes electrónicos para la operación de éste. Sólo basta con que el instalador conecte los cables de la fase y el neutro al sistema (bandeja).

Ahora bien, se calculó el consumo energético mensual que tendrían los nuevos tubos led, como se aprecia a continuación:

Finalmente, para calcular el valor que mensualmente se pagaría utilizando iluminación Led en los espacios comunes, se multiplicó por el valor de la tarifa por kWh, como se aprecia a continuación:

Se puede inferir el ahorro mensual que generaría el recambio de iluminación Led, ya que actualmente la iluminación fluorescente tiene un costo de \$927.289 en electricidad al mes, versus el recambio, que tendría un valor de \$463.644, lo que se traduce en un ahorro mensual de \$463.644 mensual. Anualmente, se obtendría un ahorro de \$5.563.728 por el recambio de nuevas luminarias led.



Figura componente de instalación externa de la bomba de calor (evaporador)



Figura componente de instalación interna de la bomba de calor (condensador)

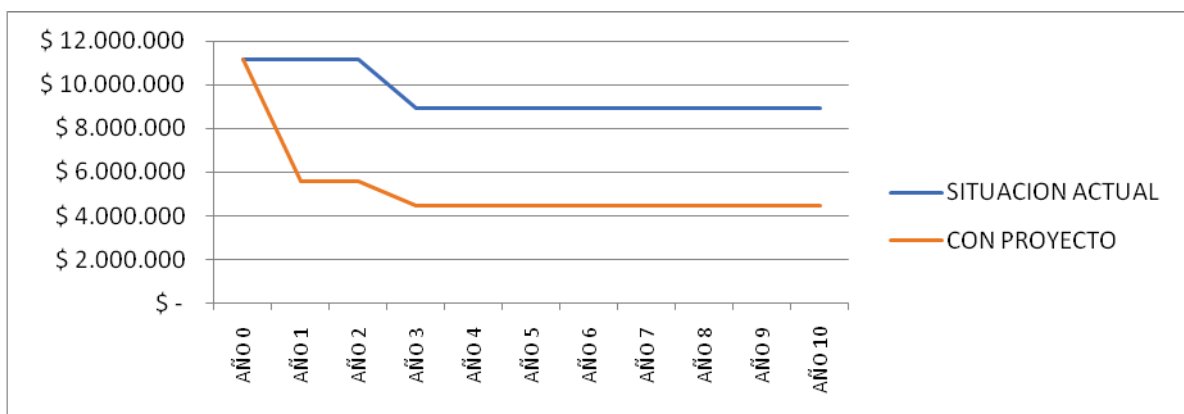


Gráfico comparación proyección de situación actual vs con proyecto Iluminación

1.11 Implementación de Bombas de Calor

Se cotizó con un proveedor de estos equipos que poseen un producto para instalación a nivel residencial. Tiene un coeficiente de desempeño de 5,6. A continuación se muestran imágenes reales de los equipos:

De acuerdo con las características del equipo cotizado, este tendría un consumo eléctrico de 1,6kWh.

Para calcular el gasto que generaría climatizar los departamentos con Bomba de Calor se aplican los antecedentes que proporciona el COP sobre la bomba de calor (igual a 5,6) donde por cada kW eléctrico utilizado, se generarán 5,6 kW térmicos, similar a señalar que se consumirá 1/5,6 de la energía actual. Por lo tanto, utilizando los datos obtenidos anteriormente para Línea base de Calefacción, se obtiene lo siguiente:

De acuerdo con lo calculado en la línea de base, el costo anual por calefacción con acumulador de calor corresponde a \$269.059, versus lo que se gastaría mensualmente con la bomba de calor que sería sólo \$48.046. Lo que implica una disminución de consumo de 82% y \$221.013 por unidad.

Considerando la proyección anual para la climatización de todos los departamentos, se obtiene la siguiente comparación:

1.12 Evaluación financiera

La evaluación tiene por objetivo establecer la conveniencia técnico-económica de ejecutar un proyecto. Para el presente informe, se considera que la inversión será facilitada por una empresa ESCO, por lo que luego del proyecto, las ganancias para esta empresa corresponden al ahorro monetario producto de la disminución de energía que se genera implementando las tecnologías consideradas.

Luego, se determina el VAN (Valor Actual Neto) y el TIR (Tasa Interna de Retorno) dados por las siguientes ecuaciones:

Ecuación VAN

$VAN = -I_o + \sum_{t=1}^n \frac{BN_t}{(1-r)^t}$	Donde: I_o = Inversión inicial BN_t = Beneficio neto del periodo t n = Horizonte de evaluación r = Tasa de descuento
- Si VAN >0 Es conveniente ejecutar el proyecto - Si VAN =0 Es indiferente ejecutar el proyecto. - Si VAN <0 No es conveniente la ejecución del proyecto	

Ecuación TIR

$-I_o + \sum_{t=1}^n \frac{BN_t}{(1 - TIR)^t} = 0$	La tasa interna de retorno mide la rentabilidad promedio que tiene un determinado proyecto. Matemáticamente, corresponde a aquella tasa de descuento que hace el VAN igual a cero
- Si la TIR es mayor que la tasa de descuento: es conveniente ejecutar el proyecto - Si la TIR es igual que la tasa de descuento: es indiferente ejecutar el proyecto - - Si la TIR es menor que la tasa de descuento: no es conveniente ejecutar el - Proyecto	

Para el presente análisis se consideran tres opciones de proyecto:

Opción 1: Recambio Iluminación.

Opción 2: Implementación de Bombas de Calor.

Opción 3: Recambio de luminarias e implementación de bomba de calor.

A continuación, se realiza el análisis para determinar la rentabilidad de cada una de las opciones y decidir cuál de estas es la más conveniente para invertir.

Opción N°1: Cambio de luminarias

Esta intervención considera el recambio y adaptación de todas las luminarias de espacios comunes a tuvo LED.

1.13 Costos de Inversión

Tuvo Led.: En total deben cambiarse 434 en todo el edificio; distribuidos en Escaleras (50), Pasillos (184) y Subterráneos (100)

Gestión de residuos peligroso. (\$900 por Kg.)

Se consideran los materiales y herramientas básicas para la instalación. Mano de Obra: Aquí se considera un Instalador con Licencia Tipo C, encargado de adaptar las conexiones para el buen funcionamiento de los Tubos LED, y la mano de obra encargada del recambio.

Costos de Mantenimiento

Gracias a la durabilidad de los tubos Led seleccionados (Cerca que 15000 hrs.), se considera como costo de mantención el recambio de luminarias cada dos años junto con los materiales y mano de obra requerido.

3. Resultados

En el Ítem de anexos, se expone el cálculo para determinar los valores de VAN y TIR.

Considerando como tasa de descuento un 10%, se obtienen los siguientes resultados:

Tabla resultados Opción N°1

INDICE	VALOR
VAN	\$ 18.392.900
TIR	107%

De acuerdo con lo calculado y contrarrestando la inversión inicial con los ahorros obtenidos. Se obtienen resultados beneficiosos para la presente opción.

$VAN > 0$ y $TIR > r$.

Una TIR puede ser superior a 100%. Esto significa que el proyecto en si es altamente rentable.

Opción N°2: Implementación de bombas de calor

Esta opción considera el cambio del Acumulador presente en cada departamento por la bomba de calor.

Costos de Inversión

En este punto se consideran los costos del retiro del acumulador de cada departamento y los equipos de Bomba de Calor

Costos de Mantenimiento

Como mantención se considera anualmente un recambio de filtros o limpieza.

Resultados

En el Ítem de anexos, se expone el cálculo completo para la obtención de VAN y TIR.

Al igual que la opción anterior, se considera un $r=10\%$. Se obtiene los siguientes resultados.

Para este cálculo, se considera un Valor Residual igual a 1/3 del costo de los equipos. Esto, debido a que la vida útil de los equipos de Bomba de Calor es de 15 años aproximadamente. Como el período de análisis debe

ser el mismo para poder comparar entre las distintas opciones (10 años), aún faltan 5 años de vida útil de los equipos, los que se representan con este valor.

Tabla Resultados Opción N°2

INDICE	VALOR
VAN	\$ -60.745.529
TIR	6%

Se observa claramente que esta opción no es rentable debido a que $VAN < 0$ y $TIR < r$.

Puede deberse a un sobre dimensionamiento de los equipos considerados, lo que aumenta el valor de la inversión inicial.

Opción N°3: Cambio luminarias e implementación de bombas de calor.

Esta opción; Recambio de luminarias e implementación de bombas de calor para los 230 departamentos del edificio, es la mejor todas las evaluadas (VAN, TIR). En el caso del recambio de luminarias existe un importante ahorro en energía superior a un 50% con luces nuevas solo en áreas comunes consideradas y en calefacción si bien no es considerable el ahorro energético la relación que existe entre el uso de combustible para calefacción, ya sea eléctrica o leña, se destaca la eléctrica por el aporte en disminución de contaminantes atmosférico y calidad de la calefacción, estos son argumentos suficientes a considerar a la hora de poder tomar la decisión de que tipo de calefacción se utilizara. El objetivo del análisis del consumo energético y condiciones medio ambientales, y disminución de precio de la tecnología considera las futuras licitaciones eléctricas ingresando una mayor cantidad de energía renovable en la matriz energética Chilena, disminuyendo el costo de energía futura, y donde los proyectos inmobiliarios en Puerto Montt, nuevos y antiguos están reconvirtiendo sus sistemas de calefacción a electricidad y recambio de ampollas led siendo un aporte medioambiental.

Costos de Inversión y Mantenimiento

Tanto para los valores de inversión como de mantenimiento, se suman todos los costos considerados en las primeras dos opciones anteriores.

Resultados

En el Ítem de anexos, se expone el cálculo completo para la obtención de VAN y TIR.

Se considera un $r=10\%$. Se obtiene los siguientes resultados.

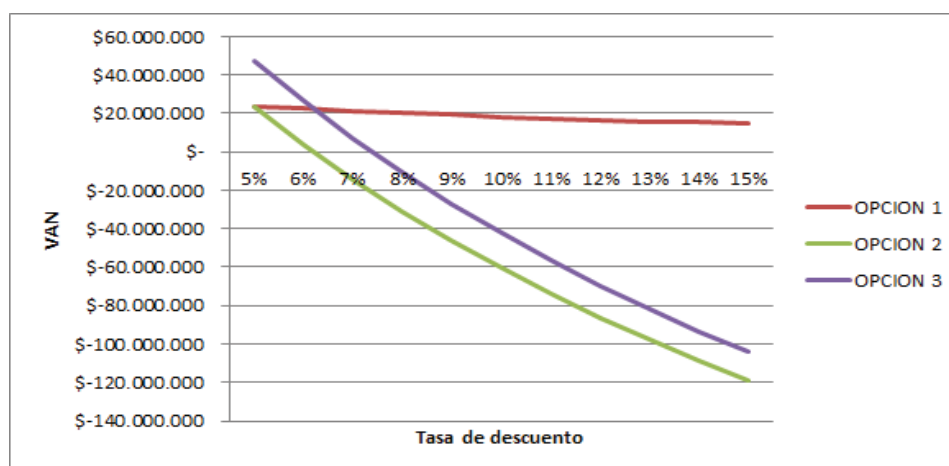
Tabla Resultados Opción N°3

INDICE	VALOR
VAN	\$ -42.352.629
TIR	7%

Al igual que el caso anterior, tanto el VAN como la TIR son desfavorables para esta opción, por lo que no se considera rentable para la situación expuesta en el presente informe.

Análisis de Sensibilidad.

Para este análisis se considera una variación de la tasa de descuento entre 5% - 10% para observar cómo es el comportamiento de estas alternativas.



Gráficamente se aprecia el comportamiento de las opciones analizadas.

Para la **Opción N°1**, se observa que disminuye levemente mientras más alta es la tasa de descuento, sin embargo, en el rango analizado, siempre se mantiene rentable.

En cuanto a la **Opción N°2** se observa que es la menos rentable de las tres, obteniendo valores rentables para valores de r inferiores a 6% y decayendo notoriamente para valores superiores.

Finalmente, la **Opción N°3** se observa con el mismo comportamiento que la Opción N°2 pero ligeramente más rentable que ésta. Volviéndose rentable para valores bajo el 7% y decae notoriamente para valores superiores.

Finalmente, esta decisión y el recambio dependerá de los valores actuales del combustible, evaluadas otras opciones, como, por ejemplo, leña es más contaminante, y tiene un valor por sobre el 10% más cara que la eléctrica. Chile no produce gas natural ni licuado y el costo es mayor a 25% por sobre la electricidad, tampoco tenemos petróleo, no existen yacimientos industriales en Chile siendo importado y con un valor sobre el 30% en relación con la electricidad. Con estos argumentos el uso de la electricidad es la mejor opción.

Todavía son escasos los fondos de subsidio por parte del estado y al considerarlo existen largos procesos de postulación, pero una buena alternativa para ser evaluada en el futuro y que disminuiría mayormente los costos.

2. Conclusiones

La presentación de este trabajo como requisito para la titulación del magister MBAem Gestão Estratégica Em Energias Naturais Renováveis

Se presenta una descripción de los alcances medioambientales ocasionados en el sur de Chile, por efectos de la fuerte contaminación atmosférica y la acumulación de gases de efecto invernadero, productos del mal uso de la calefacción a leña por lo que el análisis final nos lleva a implementar con ejemplo posible para la utilización de calefacción a través de bomba de calor.

Dentro de las opciones analizadas para el recambio de calefacción, la que representa una inversión con altos niveles de rentabilidad es la Opción N°1: Recambio de Iluminación, obteniendo un VAN = \$ 18.392.900 y una TIR de 107%. Lo que se debe a que, los ahorros relacionados con esta opción son mayores a la inversión inicial estimada, lo que implica una recuperación de la inversión en un año.

En cuanto a las otras dos opciones, no resultan factibles dado ya que los resultados para los indicadores son desfavorables. Estos resultados podrían tener variaciones si la tecnología redujera su precio de mercado, disminuyendo el monto de la inversión inicial.

Por otro lado, si el proyecto considerará para una infraestructura social, se incorporarían beneficios estatales, que no son considerados en el análisis actual, como la cuantificación de precios sociales en cuanto al confort, reducción de emisiones, reducción de enfermedades y otros.

Finalmente, la Opción N°1 es la seleccionada como la mejor alternativa de ejecución.

Para realizar la aplicación del cambio es necesario sociabilizar a la comunidad los cambios tecnológicos, medidas de seguridad, estaciones de trabajo, etc.

Considerando aspectos ambientales y económicos lo mas factible es poder hacer el recambio de luminarios en áreas comunes por su disminución del 50% del valor en consumo y por otro lado la calefacción presenta mayores beneficios medioambientales al poder ser utilizada la bomba de calor para calefacción.

La elección del sistema de calefacción en este ejercicio ficticio nos demuestra la necesidad de utilización de otro sistema de calefacción distinto a biomasa leña, por ejemplo, la electricidad, siendo un aporte en el cuidado del medio ambiente, promoviendo la disminución de la deforestación de los bosques y utilizando de mejor forma los recursos naturales para el uso de energía.

3. Referencias Bibliográficas

- BIBLIOTECA DEL CONGRESO NACIONAL BCN, decreto Supremo 148, Ministerio de Salud: **aprueba reglamento sanitario sobre manejo de residuos peligroso, ministerio de salud**, Núm. 148.- Santiago, 12 de junio de 2003.- Vistos: las facultades que me confieren los artículos 24 y 32 N°8 de la Constitución Política de la República de Chile y lo dispuesto en los artículos 2, 67, 68, 78, 79, 80,81 y 90 del Código Sanitario, aprobado por Decreto con Fuerza de Ley N°725 de 1967, del Ministerio de Salud, en los artículos 4° letra b) y 6° del Decreto Ley N°2763 de 1979 y en la Resolución N°520 de 1996, de la Contraloría General de la República.
- BIBLIOTECA DEL CONGRESO NACIONAL DE CHILE BCN, página superintendencia de electricidad y combustible, SEC, Decreto Supremo 92, Ministerio de Economía, **aprueba reglamento de instaladores eléctricos y de electricistas de recintos de espectáculos públicos** Núm. 92.- Santiago, 13 de Mayo de 1983.- Visto: Lo dispuesto en los artículos 131° N°4, y 148° inciso final, del D.F.L. N°1, de 1982, del Ministerio de Minería, y lo establecido en el artículo 32° N°8, de la Constitución Política del Estado, y la resolución N°600, de 1977, de la Contraloría General de la República,
- SUPERINTENDENCIA DE ELECTRICIDAD Y COMBUSTIBLE SEC, Licencia de Instalador eléctrico, Según lo dispuesto en el Decreto Supremo N°39, de 2011, del Ministerio de Medio Ambiente, **que aprueba “Norma de emisión de material particulado, para los artefactos que combustionen o puedan**, Fecha de actualización: 23/03/2017.
- DOCTOR MARKETING SPA, AGRICOLA Y COOPERATIVA LA UNIÓN, **uso de leña y calidad del aire en el sur de Chile**, 20 junio, 2020.
- MINISTERIO DE MEDIO AMBIENTE GOBIERNO DE CHILE, **programa nacional de consumo y producción sustentables**, programa de fomentos de leña y otros combustibles, agosto del 2017.
- INPACT.NET, **principales problemas medioambientales en Chile**, viernes 06 abril 2018.
- MINISTERIO DE MEDIO AMBIENTE GOBIERNO DE CHILE, **contaminación atmosférica se indica como principal problema ambiental y combustión de leña como actividad más dañina** 28-08-21.