



UNIVERSIDAD
SAN SEBASTIAN

UNIVERSIDAD SAN SEBASTIAN

FACULTAD DE INGENIERIA Y TECNOLOGIA

SEDE CONCEPCION

**PROPUESTA DE ALTERNATIVAS COSTO-EFICIENTES PARA
MEJORAR LA EFICIENCIA ENERGETICA EN LA PISCICULTURA**

MOLCO

Memoria para optar al título de ingeniero civil industrial

Profesor guía: Mg. Rudy Jacob Carrasco Vidal

Autor: Victor Manuel Muñoz Fuentes

Concepción, Chile

2018

Se autoriza la reproducción total o parcial de esta obra, con fines académicos, por cualquier forma, medio o procedimiento, siempre y cuando se incluya la cita bibliográfica del documento.

DEDICATORIA

A MI MADRE, MI PRIMER AMOR Y EL APOYO FUNDAMENTAL EN MI VIDA.

*A MIS HERMANOS MATIAS Y MATEO QUIENES SON LA RAZON POR LA
QUE DIA A DIA ME ESFUERZO POR LOGRAR MIS METAS.*

*A MI COMPAÑERA DE VIDA QUIEN NUNCA DEJÓ DE CONFIAR NI CREER
EN MI Y EN MIS CAPACIDADES.*

*Y A MI ANGEL DE LA GUARDA, QUIEN ESTA CONMIGO SIEMPRE Y EN
TODO MOMENTO, MI APOYO ESPIRITUAL.*

POR USTEDES Y PARA USTEDES.

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a la empresa Salmones Multiexport S:A por darme la oportunidad de trabajar en conjunto con ustedes para el desarrollo de esta investigación.

A Todo el personal de la piscicultura Molco, muchas gracias por todos los servicios prestados durante mi paso por su lugar de trabajo y por la disposición y amabilidad al momento de prestarme ayuda y facilitarme toda la información requerida para el desarrollo de esta investigación.

Al profesor Rudy Carrasco por ser mi guía en este proceso y por estar presente ante mis dudas e inquietudes presentes durante todas las etapas de mi proyecto.

RESUMEN

La presente investigación detalla las diferentes opciones para mejorar la eficiencia energética en la piscicultura Molco de la empresa Salmones multiexport. S.A. Estas opciones se incluyen dentro de tres ejes fundamentales que son: la energía eléctrica, el consumo de combustibles fósiles - específicamente el GLP- y el uso de las ERNC. El estudio presenta estas opciones con sus respectivos costos de inversión, además de la combinación de alternativas para hacer más eficiente el uso de la energía, tomando en cuenta los respectivos costos y beneficios que dichas opciones conllevan. Para comparar las diferentes opciones, se utilizó el índice costo-eficiencia, del cual, mediante análisis, se pudieron seleccionar 3 de las 5 opciones como viables para su posible implementación. La opción que presentó el índice costo-eficiencia más elevado fue la del mejoramiento en el banco de condensadores, la cual presenta un costo de inversión de \$360.110, y el ahorro potencial anual es de \$23.768.583. Esta alternativa se presenta como la más viable, incluso si los costos aumentaran en un 100%. Como segunda opción, se posiciona la alternativa de una planta solar fotovoltaica, con un índice costo eficiencia de 14,04, que con un costo anual equivalente de \$303.328 y una inversión inicial de \$ 2.582.400, podría lograr un ahorro potencial de \$4.258.999, y un potencial de generación eléctrica anual de 61.546,2 Kilowatts-hora, potenciando así, el uso de las energías renovables no convencionales dentro de la piscicultura y produciendo energía limpia para su uso. Como tercera y última opción seleccionada dentro de las más viables, está la de hacer un cambio en la luminaria actual, al reemplazar los focos fluorescentes por focos LED, y en los exteriores, reemplazar el alumbrado por focos con paneles solares, los cuales producirían un ahorro potencial anual de 101.357 Kilowatts-hora en iluminación de interiores y 13.447 Kilowatts-hora en exteriores, reduciendo los costos anuales por iluminación en \$7.944.411. Las tres opciones en conjunto suman un total de inversión de \$9.931.467, con un CAE de \$2.157.512 y un ahorro potencial anual de \$35.971.994, lo que a un costo de capital del 12% actual de la empresa, entregaría retorno de la inversión en menos de un año.

ABSTRACT

The present investigation details the different options to improve the energetic efficiency in the Molco pisciculture of the company multiexport. Salmones S.A.. These options are included within three fundamental axes that are: electric power, consumption of fossil fuels -specifically LPG-, and the use of NCRE. The study presents these options with their respective investment costs, in addition, to the combination of alternatives to make the use of energy more efficient, taking into account the respective costs and benefits that these options involve. To compare the different options, the cost-efficiency index was used, from which, through analysis, 3 of the 5 options were selected as viable for their possible implementation. The option that presented the highest cost efficiency index, was the improvement in the condenser bank, which has an investment cost of \$ 360,110, and a potential annual saving of \$ 23,768,583. This alternative is presented as the most viable, even if the costs would be increased up to 100%. As a second option, it is positioned the alternative of a photovoltaic solar plant, with a cost efficiency index of 14.04, which with an annual cost of \$303,328 and an initial investment of \$2,582,400, could achieve a potential savings of \$4,258.999, and an annual electric generation potential of 61,546.2 Kilowatt-hours, thus enhancing the use of unconventional renewable energy in fish farming and producing clean energy for its use. As the third and last option selected among the most viable ones, there is the idea to make a change in the current luminaire, replacing the fluorescent bulbs by LED spotlights, and in the exterior, replacing the lighting by spotlights with solar panels, which would produce savings annual potential of 101,357 Kilowatt-hours in indoor lighting and 13,447 Kilowatts-hour outdoors, reducing annual lighting costs by \$ 7,944,411. The three options together add up to a total investment of \$ 9,931,467, with a CAE of \$ 2,157,512 and potential annual savings of \$ 35,971,994, which at a current capital cost of 12% of the company, could a return the investment in less than a year.

TABLA DE CONTENIDOS

AGRADECIMIENTOS	IV
RESUMEN	V
ABSTRACT	VI
INTRODUCCION	1
CAPITULO I : ANTECEDENTES DEL PROBLEMA	4
1 Antecedentes de la empresa	4
1.1 Piscicultura Molco.....	4
1.1 Definición del problema	5
1.2 Delimitación.....	7
1.3 Limitaciones	7
1.4 Objetivos	8
1.4.1 Objetivo general.....	8
1.4.2 Objetivos específicos.....	8
CAPITULO II : Marco teórico y conceptual	6
2 Diagrama de Pareto.....	6
2.1 Eficiencia energética	7
2.2 Potencia solar.....	7
2.3 Potencia hidráulica	8
2.4 Equivalencias	8
2.5 Factor de potencia.....	9
2.5.1 Potencia activa.....	9
2.5.2 Potencia reactiva	10
2.5.3 Potencia aparente.....	10
2.5.4 Triangulo de potencias.....	11

2.5.5 Corrección del factor de potencia	11
2.6 Conceptos estadísticos.	15
2.6.1 Media	15
2.6.2 Varianza y Desviación estándar.....	16
2.6.3 Coeficiente de correlación	16
CAPITULO III : Metodología	18
3 Cadena de valor de Salmones Multiexport S.A.....	18
3.1 Proceso de producción piscicultura Molco	20
3.2 Consumo energético	23
3.2.1 Análisis tarifario.....	23
3.2.2 Tipos de tarifas, tarifa actual y óptima.	23
3.3 Factor de potencia.....	26
3.3.1 Corrección del factor de potencia	27
3.4 Potencia eléctrica instalada.....	30
3.4.1 Potencia total instalada.....	30
3.4.2 Sala 1000.....	30
3.4.3 Recirculación o sala 2000.....	30
3.4.4 Sala 3000.....	31
3.4.5 Exteriores.....	31
3.4.6 Planta de riles	31
3.4.7 Casino y oficina.....	31
3.5 Análisis de potencia instalada.	32
3.6 Consumo de gas	34
3.6.1 Variables que influyen en el consumo de gas.....	37
3.6.2 Modelo de regresión para sector 2x2.....	41

3.6.3 Modelo de regresión para sector 4x4.....	42
3.6.4 Modelo de regresión para sector de recirculación	43
3.7 Temperado de agua para proceso	44
3.8 Fuente de calefacción del agua.....	44
3.9 Costo del gas	45
3.9.1 Opción de mejora.....	45
3.10 Energías alternativas.....	48
3.10.1 Energía eólica.....	48
3.10.2 Energía fotovoltaica	52
3.10.3 Potencial solar	52
3.10.4 Energía hidráulica.....	54
3.10.5 Aprovechamiento del caudal disponible.....	54
3.10.6 Caracterización del caudal.....	54
3.10.7 Selección de la turbina.....	56
3.10.8 Costos de inversión	56
3.10.9 Recambio de luminaria	60
CAPITULO IV : Analisis de resultados.....	64
4 Opciones para la mejora de la eficiencia energética.....	64
4.1 Elección de opciones para la mejora en la eficiencia energética.	64
4.2 Análisis de sensibilidad	67
4.2.1 Mejora en condensadores	68
4.2.2 Implementación de energía fotovoltaica	68
4.2.3 Recambio de luminaria	68
4.2.4 Micro central hidroeléctrica	69
4.2.5 Bombas de calor.....	70

4.2.6 Opciones en conjunto	71
4.3 Propuesta de mejora de la eficiencia energética	72
4.3.1 Propuesta cuantitativa	72
4.3.2 Propuesta cualitativa.....	74
CAPITULO V : Conclusiones y recomendaciones	75
Referencias	78
ANEXOS	80

INDICE DE FIGURAS

Figura 1.4.2-1: Diagrama de Pareto.....	6
Figura 2.6.4-1: Triangulo de Potencias	11
Figura 2.7.3-1: : CADENA DE VALOR SALMONES MULTIEXPORT S.A.....	19
Figura 2.7.3-1: proceso de producción piscicultura Molco	21
Figura 3.3.1-1: condensador Trifasico	28
Figura 3.4.7-1: diagrama de Pareto; potencia instalada piscicultura Molco.	33
Figura 3.4.7-1:diagrama de Pareto consumo año 2015.....	36
Figura 3.4.7-2: diagrama de Pareto consumo año 2016.....	36
Figura 3.4.7-3:diagrama de Pareto consumo año 2017.....	37
Figura 3.6.2-1: Resultados del análisis de variables para el modelo en 2x2.....	41
Figura 3.6.3-1: Resultados del análisis de variables para el modelo en 4x4.....	42
Figura 3.6.4-1: Resultados del análisis de variables para el modelo en recirculación.....	43
Figura 3.9.1-1: bomba de calor	46
Figura 3.10.1-1: Curva de operación del aerogenerador de 300W	50

INDICE DE TABLAS

Tabla 3.2.2-1: Promedios de consumo y F.P	27
Tabla 3.2.2-2: Datos para corrección del F.P.....	27
Tabla 3.3.1-1: precio Kvar en pesos	28
Tabla 3.3.1-2: análisis económico condensadores	29
Tabla 3.4.7-1: potencia total instalada piscicultura molco	32
Tabla 3.4.7-1: consumo histórico de gas.	34
Tabla 3.6.1-1: variables definidas para el análisis del sector 2x2.	39
Tabla 3.6.1-2: variables definidas para el análisis del sector 4x4.	39
Tabla 3.6.1-3: variables definidas para el análisis del sector recirculación.....	40
Tabla 3.6.4-1: DETALLE CALDERA 2X2.....	44
Tabla 3.6.4-2: DETALLE CALDERAS 4X4	44
Tabla 3.6.4-3: DETALLE CALDERA RECIRCULACION.....	45
Tabla 3.6.4-1: Costos y consumos de GLP en la piscicultura Molco	45
Tabla 3.9.1-1: requerimientos para bomba de calor	47
Tabla 3.9.1-2: análisis económico B.C.....	47
Tabla 3.10.1-1: Características aerogenerador 300W	49
Tabla 3.10.1-2: estadística básica simulación potencial eólico 5m altura.	51
Tabla 3.10.3-1: Características panel solar fotovoltaico 100W	52
Tabla 3.10.3-2: Datos potencial solar	53
Tabla 3.10.3-3: costos de inversión kit fotovoltaico y potencial ahorro	53
Tabla 3.10.6-1: caudales históricos piscicultura Molco.	55
Tabla 3.10.8-1: cálculo del potencial eléctrico de la piscicultura Molco	58
Tabla 3.10.8-2: inversión en equipos electromecánicos turbina Kaplan	58
Tabla 3.10.8-3: inversión en equipos electromecánicos para cualquier tipo de turbina.....	58
Tabla 3.10.8-4: Costos de micro planta hidroeléctrica de 8.8 Kw para la piscicultura molco	59
Tabla 3.10.8-5: costos y ahorro potencial micro hidroeléctrica	60
Tabla 3.10.9-1: potencia instalada en salas de cultivo.....	61
Tabla 3.10.9-2 comparación entre iluminación LED y fluorescente	62

Tabla 3.10.9-3: Costos de inversión y ahorros en iluminación exterior.....	63
Tabla 3.10.9-4: costos y ahorro potencial recambio de iluminación.....	63
Tabla 3.10.9-1: Análisis Costo-eficiencia	65
Tabla 3.10.9-1: Escenarios para el análisis de sensibilidad general	67
Tabla 4.2.3-1: PRI opción 1,2,3	69
Tabla 4.2.4-1: escenario favorable para la opción 4	70
Tabla 4.2.5-1: escenario favorable para la opción de bomba de calor.....	71
Tabla 4.3.1-2: Resumen opciones 1,2 y 3.....	72
Tabla 4.3.1-1: Resumen Costo-eficiencia	73

INTRODUCCION

La industria Salmonera en Chile, ha experimentado un gran crecimiento dentro de los últimos años, logrando posicionarse junto a la minería, como uno de los grandes sectores económicos del país. El Salmon en Chile, es el segundo producto más exportado después del cobre, dichas exportaciones (salmones y truchas), alcanzaron los 3500 millones de dólares en el año 2015, que representaron un 5,6% del total de exportaciones a nivel nacional. (Jesam, Valdés, & Zañartu, 2016). A nivel mundial, Chile es el segundo mayor productor mundial del producto después de Noruega.

La demanda de productos pesqueros ha aumentado sostenidamente en las últimas décadas y el suministro de peces en estado silvestre ha disminuido, por tanto, todo el consumo futuro de pescado a nivel mundial deberá ser suministrado por la acuicultura. Dada esta situación la producción de peces, tendrá que satisfacer la demanda, por lo que se estima que dicha producción debiera doblarse de aquí al año 2050. Sin embargo existen varios factores que influyen en el desarrollo de la industria acuícola en Chile, como la gestión correcta de los insumos y la eficiencia en los procesos de producción. (prospectus consulting, 2016)

Un Benchmarking con la competencia y mercados relevantes realizado por (prospectus consulting, 2016), muestra que el Chile presenta significativos rezagos en producción, tecnología y competencias globales que se derivan de factores específicos. Dentro de los más relevantes es la baja inversión y esfuerzo privado en I+D+i, esto limita a resolver problemas de productividad, eficiencia, competitividad, gestión ambiental y el aseguramiento del manejo sustentable de recursos naturales lo que implica un retraso de conocimientos científicos y tecnológicos respecto a los principales competidores a nivel mundial.

Consecuente a lo anterior, (Jesam, Valdés, & Zañartu, 2016) plantea que un factor fundamental en la producción del salmón, es la innovación, desarrollo e inversión.

Multiexport foods S.A se ha consolidado en los últimos años, dentro del top 5 de las principales empresas productoras y exportadoras de Salmon en Chile, por lo cual estar a la vanguardia en cuanto a sostenibilidad y eficiencia es uno de sus principales desafíos.

Si nos concentramos en la cadena productiva de la empresa, una de las principales etapas dentro de la producción de salmones, es la crianza de smolt¹, proceso que se realiza en centros de piscicultura. Este proceso es realizado en agua dulce, generalmente con aguas de afluentes de ríos. En la piscicultura Molco, donde se realizara esta investigación, se extrae agua de una vertiente de agua.

Si hablamos de eficiencia energética, en esta piscicultura, se detectaron altos costos en consumo de energía, tanto en electricidad como consumo de gas en calderas, lo que nos da indicios de una mala eficiencia energética en el centro.

En él (Comite consultivo de Energia 2050, 2015) se plantea que existe un potencial de reducción del consumo de la energía en la industria, dada la implementación de nuevos sistemas de gestión de la energía costo-efectivos, sin embargo existen brechas de restricciones técnicas y operativas y de infraestructura energética actual. Además se expone una clara falta de estudios de potenciales individuales de aprovechamiento energético de las empresas y una falta de cultura respecto a la gestión de la energía y al aprovechamiento de este tipo de gestión dentro de los procesos productivos.

¹ Salmon atlántico en etapa juvenil

Dentro de los ejes fundamentales de la Hoja de Ruta 2050², está el uso eficiente de la energía y cultura energética, y el eje de innovación y desarrollo productivo.

Para abordar la problemática se realizará un análisis de la matriz energética de la planta y se elaborará un análisis de un plan de mejora en la eficiencia energética, además de analizar la factibilidad de energías alternativas para disminuir en lo posible los costos generados en los procesos productivos dentro del centro y contribuir a un bien común para la planta la empresa, y el país.

² (Comite consultivo de Energia 2050, 2015)

CAPITULO I : ANTECEDENTES DEL PROBLEMA

1 Antecedentes de la empresa

Salmones Multiexport S.A es una empresa encargada de la producción, comercialización y exportación de productos del mar, su casa matriz está ubicada en Av. Cardonal 2501, Puerto Montt, Región de los lagos. Esta empresa se compone de diferentes áreas donde se obtienen diversos productos, siendo el salmón y la trucha el producto con más demanda tanto en el mercado nacional como extranjero. Esta empresa exporta sus productos a países como Japón, Estados Unidos, Europa Central y Rusia.

Dentro de la cadena de valor de la empresa se destaca como proceso fundamental la crianza de salmones, proceso que se realiza en los diferentes centros de piscicultura de la empresa, siendo la piscicultura Molco uno de los centros que más aporta a la producción de salmón de la empresa.

1.1 Piscicultura Molco

La piscicultura Molco se encuentra ubicada en el km 4,5 sector Molco alto, comuna de Villarrica, región de la Araucanía y pertenece a Salmones multiexport S.A. Esta planta se encuentra funcionando desde el año 2006 y su principal objetivo es el cultivo de smolt, donde se le da un ambiente óptimo para su crecimiento y su posterior adaptación a un ambiente marino. La piscicultura está dirigida por don Luis Vásquez Pérez, quien ocupa el cargo de Área Manager dentro de la empresa.

Dentro de la planta existen diferentes sectores y áreas donde trabajan en conjunto para asegurar niveles de producción de acorde a los requerimientos del mercado.

1.1 Definición del problema

Salmones multiexport S.A, es una empresa con años de experiencia en la industria salmonera en Chile, siendo una de las principales productoras de salmón a nivel nacional. Esta empresa se encarga de la reproducción, crianza, engorda y cosecha de productos del mar.

Dentro de la cadena de valor de la empresa, uno de los principales procesos es el de crianza de salmones, dicho procesos se lleva a cabo en las plantas de piscicultura, donde se debe asegurar un correcto funcionamiento de los procesos para lograr una producción que se adecue a todos los estándares de la industria, y asegurando un cumplimiento de las políticas medioambientales y sociales que implican una producción sustentable.

La piscicultura Molco donde se llevara a cabo la investigación es una de las plantas más grandes de piscicultura de Salmones multiexport. Esta planta funciona bajo todos los estándares de seguridad y productividad impuestos por la empresa, sin embargo, se detectó que la producción genera costos excesivos en la energía que se requiere para los procesos productivos dentro de la planta, esto quiere decir que se observa una ineficiencia energética en los procesos, sin dejar de mencionar el impacto medioambiental que esto conlleva.

Adicionalmente la planta funciona con un caudal que se extrae de una vertiente del volcán Villarrica, y que se utiliza en los procesos de producción, esta agua, se limpia y luego se devuelve al río, en consecuencia, el aprovechamiento de la energía hidráulica de dicho caudal, pasa desapercibido por la empresa.

Se observó también que la planta está funcionando con calderas a gas para calentar el agua de los estanques de crianza, las cuales no son muy eficientes dado el diseño del sistema.

Dada esta situación, se propone realizar un levantamiento de la información respecto al consumo energético de la planta y sus costos, con el fin

de realizar una propuesta en la que se pueda optimizar la eficiencia energética de la planta a nivel general, **analizando equipos, procesos, personal e infraestructura, para poder disminuir los costos extras que genera la mala utilización de la energía y contribuir a una producción sustentable.**

1.2 Delimitación

Las delimitaciones para el presente proyecto son las siguientes:

- La propuesta de las diferentes opciones para la optimización de la eficiencia energética no incluyen la etapa de implementación de alguna de las opciones.
- La investigación se realizara para la piscicultura Molco de la empresa Salmones multiexport S.A

1.3 Limitaciones

Las limitaciones a considerar en este proyecto son las siguientes:

- Falta de datos en las bases de la empresa que sean necesarias para el proyecto
- Información no disponible en el tiempo en que se requiere
- Negación de información por parte de la empresa

1.4 Objetivos

1.4.1 Objetivo general

- Desarrollar una propuesta de alternativas costo-efectivas para mejorar la eficiencia energética de la piscicultura Molco.

1.4.2 Objetivos específicos

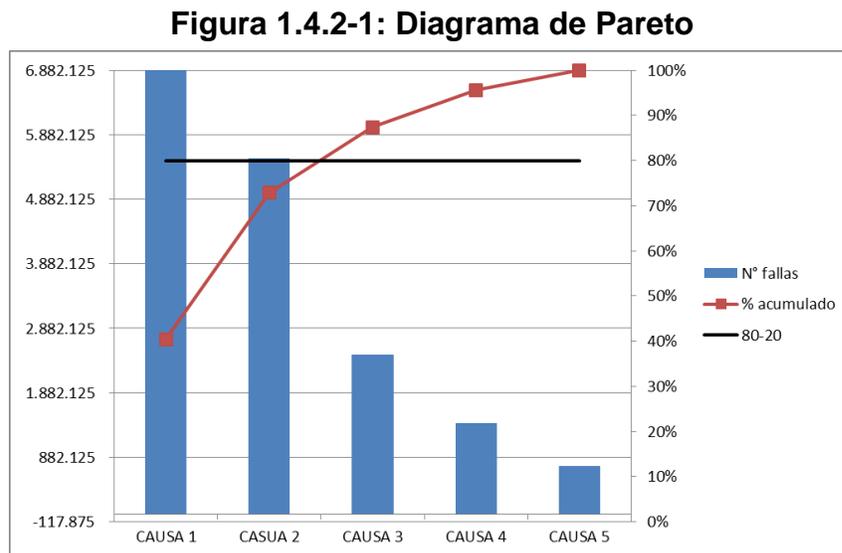
- Identificar los costos asociados a la utilización equipos, procesos, personal e infraestructura, relacionados con el consumo de la energía.
- Observar y documentar los procesos de producción respecto al consumo de energía.
- Construir un análisis de sensibilidad para los costos de cambios de energía y/o procesos.
- Identificar los costos asociados a cambios de energía y/o procesos.
- Identificar y exponer las diferentes opciones para mejorar la eficiencia energética.
- Identificar las mejores opciones para mejorar la eficiencia energética.

CAPITULO II : MARCO TEÓRICO Y CONCEPTUAL

2 Diagrama de Pareto.

“Se reconoce que más del 80% de una problemática en una organización es por causas comunes, es decir, se debe a problemas o situaciones que actúan de manera permanente sobre los procesos”. (Pulido & Salazar, 2013). El principio de Pareto hace referencia a que el 20% de los elementos generan la mayor parte del efecto y en la aplicación, compone de un gráfico especial de barras las cuales representan categorías o causas del problema a atender ordenadas de mayor a menor según la magnitud de influencia. Su principal objetivo es identificar a través de datos, las causas que tiene un mayor impacto sobre la problemática a abordar. Esta metodología está respaldada por el principio de Pareto³. Al aplicar un diagrama de Pareto, se eliminan las causas menos relevantes o que menos influyen sobre el problema para concentrar el análisis en el 80% de las causas vitales.

Ejemplo de diagrama de Pareto:



Fuente: elaboración propia.

³ “ley 80-20”o “pocos vitales, muchos triviales” donde se reconoce que la mayor parte de los efectos (80%) son generados por pocos elementos (20%) y los demás elementos propician muy poco sobre el efecto total. (Pulido & Salazar, 2013).

2.1 Eficiencia energética

Según (Pulido & Salazar, 2013) la productividad se divide en dos componentes: eficiencia y eficacia, donde la eficiencia se define como la relación entre los resultados logrados y los recursos empleados, esta se puede mejorar optimizando los recursos, lo que implica una disminución de tiempos desperdiciados, paros de equipos, retrasos, etc.

La definición de eficiencia según (Koonz, Weihrich, & Cannice, 2012) es la siguiente “alcanzar los fines con el mínimo de recursos”.

“Algo es más eficiente energéticamente si entrega más servicios consumiendo la misma cantidad de energía, o los mismos servicios consumiendo menos energía” (Internacional Energy Agency; OCDE, 2015). También se refiere a eficiencia energética como limitar el consumo energético, mediante la utilización de dispositivos más eficientes.

En la política energética de Chile (Ministerio de Energía, 2015) se define como eficiencia energética el “conjunto de acciones que permiten optimizar la relación entre la cantidad de energía consumida y los productos finales obtenidos” y se menciona que ser eficientes con el uso de la energía significa “hacer más con menos”

2.2 Potencia solar

La fórmula definida por (Flores, 2016) para calcular la radiación anual es la siguiente:

$$RADIACION ANUAL = \sum_{i=ENERO}^{DICIEMBRE} (Radiacion\ del\ mes\ i * Dias\ del\ mes\ i) \quad (1)$$

Mientras la fórmula para calcular la generación solar es la siguiente:

$$G.S = Radiacion \left[\frac{Kwh}{m^2} \right] * Area\ panel\ fotovoltaico [m^2] * Eficiencia[\%] \quad (2)$$

2.3 Potencia hidráulica

Para definir la potencia útil para el dimensionamiento de la turbina (Prophet, 2015), utilizó la siguiente formula:

$$P_n = \eta \rho Q g h \quad (3)$$

Dónde:

η = eficiencia mecánica de la turbina

ρ = densidad del fluido (agua = 1000 kg/m³)

Q = Caudal m³/s

g = aceleración de gravedad (9,81 m/s²)

h = altura de la columna de agua disponible

2.4 Equivalencias

Para Realizar los cálculos requeridos en la investigación, es necesario tener en cuenta las siguientes equivalencias:

Equivalencias				
1	W	=	1000	Kw
1	Kw	=	1,34	HP
1	Kw/h	=	860	Kcal/h
1	Kw/h	=	3412.14	BTU/H
32	°F	=	0	°C
1	m ³	=	1000	L

2.5 Factor de potencia

El factor de potencia es un término difícil de comprender, puesto que se hace necesario el dominio de términos técnicos lo cuales se definirán en las siguientes líneas. El factor de potencia es una relación entre 3 tipos de potencias: Potencia activa, Potencia reactiva y Potencia aparente. Estas potencias se presentan en todo tipo de circuitos, aunque donde tienen mayor importancia son en los circuitos de corriente alterna, donde el factor de potencia determina la eficiencia de los equipos que se utilizan e influye considerablemente en los costos asociados. El factor de potencia es la relación entre la potencia activa y la potencia aparente y se define como

$$F.P = \frac{P}{S} \quad (4)$$

Dónde:

P = Potencia activa

S= Potencia aparente

Para entender mejor este concepto, a continuación se definen los 3 tipos de potencia:

2.5.1 Potencia activa

Es la potencia que se extrae desde la línea de tensión y que se aprovecha directamente para transformarla en trabajo. Esta potencia se mide en Watts (W) o Kilowatts (Kw)

2.5.2 Potencia reactiva

La potencia reactiva, es la potencia que entra al circuito de corriente pero no es utilizada por los equipos, y se desaprovecha (no se convierte en trabajo). Se mide en Vatios Reactivos (VAR) o Kilo Vatios Reactivos (KVAR)

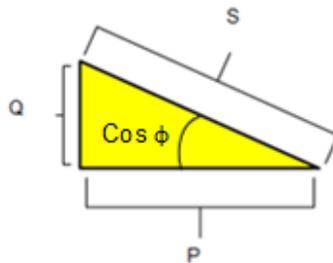
2.5.3 Potencia aparente

Es la potencia total que es entregada como suministro de la compañía de electricidad. Este tipo de potencia se mide en Voltio-Amperes (VA) o Kilo Voltio-Amperes (KVA).

2.5.4 Triangulo de potencias

El triángulo de potencias, es una forma de comprender como interactúan los tres tipos de potencias antes mencionados y se representa de la siguiente forma:

Figura 2.5.4-1: Triangulo de Potencias



Fuente: Elaboración propia

Dónde:

S = potencia aparente (VA voltio-amperes)

Q = potencia reactiva (Var Voltio-amperes reactivos)

P = potencia activa (W watts)

Factor de potencia o $\text{Cos } \phi$: coseno del ángulo que forma la potencia aparente y la potencia activa.

2.5.5 Corrección del factor de potencia

En un circuito de corriente alterna, las ondas de corriente y voltaje van en desfase, si el circuito es resistivo, la corriente se adelanta al voltaje en 90° y si es inductivo el voltaje se adelanta a la corriente en 90° . En el caso de motores y transformadores eléctricos, estos funcionan como inductancias es decir, la onda sinusoidal del voltaje, se adelanta a la corriente en 90° , lo que genera potencia reactiva.

Según (William H. Hayt, Kemmerly, & Durbin, 2012), existen métodos para corregir el factor de potencia, los que son altamente efectivos en la industria, donde la mayoría de los equipos funcionan mediante motores eléctricos de inducción. El método más conocido para la corrección del factor de potencia es la instalación de condensadores, los cuales tienen la función de almacenar la potencia reactiva del circuito para devolverla al mismo y así aprovecharla como potencia activa para aumentar el factor de potencia y por ende la eficiencia eléctrica. Para calcular la potencia requieren los condensadores, se necesita saber la potencia aparente del circuito según el factor de potencia que se desee obtener.

Dado que el coseno de ϕ es el factor de potencia, por propiedades trigonométricas el valor de ϕ puede estar entre 0 y 1, entonces al aplicar el teorema de Pitágoras⁴ podemos obtener la potencia aparente del sistema.

Utilizando la siguiente ecuación se tiene que:

$$F.P = \cos\Phi = \frac{P}{S} \quad (5)$$

Donde S= potencia aparente.

Aplicando el teorema de Pitágoras en base a la Figura 2.6.4-1 se tiene:

$$S^2 = P^2 + Q^2 \quad (6)$$

Por lo tanto:

$$S = \sqrt{P^2 + Q^2} \quad (7)$$

⁴ El teorema de Pitágoras plantea que en un triángulo rectángulo la suma de los catetos al cuadrado es igual a la hipotenusa al cuadrado ($H^2=C1^2+C2^2$) siendo H la hipotenusa y C1 y C2 los catetos respectivamente.

Donde Q= potencia reactiva

Reemplazando en la ecuación (5) se tiene que:

$$F.P = \text{Cos}\phi = \frac{P}{\sqrt{P^2 + Q^2}} \quad (8)$$

Los valores de P y Q los cuales son potencia activa y reactiva respectivamente, se pueden obtener del detalle de facturación de la compañía eléctrica.

Para calcular la potencia que se requiere en los condensadores con el fin de reducir la potencia reactiva y aumentar el factor de potencia es necesario realizar una serie de cálculos, a continuación se describen las formulas necesarias para realizar el procedimiento:

Si definimos:

$$\text{Cos } \phi_i = \text{Factor de potencia actual}$$

$$\text{Cos } \phi_f = \text{Factor de potencia objetivo}$$

Entonces la diferencia entre los cosenos actual y objetivo, será el factor de potencia a corregir por el condensador.

Por razones trigonométricas aplicadas al triángulo de potencias de la Figura 2.6.4-1, se tiene que:

$$\text{Sen } \phi = \frac{Q}{S} \quad (9)$$

$$\text{Cos } \phi = \frac{P}{S} \quad (10)$$

$$\text{Tan } \phi = \frac{\text{Sen } \phi}{\text{Cos } \phi} = \frac{Q}{P} \quad (11)$$

Aplicando función inversa a estas razones podemos obtener el factor de potencia inicial con la siguiente formula:

$$\text{Cos } \phi_i = \text{Cos} \left(\text{Arctan} \left(\frac{Q_i}{P} \right) \right) \quad (12)$$

Donde Q_i es la potencia reactiva actual y P la potencia activa

Reemplazamos el factor de potencia requerido $\text{Cos}(\phi_f)$ en la siguiente ecuación:

$$\text{Cos } \phi_r = \text{Cos } \phi_f - \text{Cos } \phi_i \quad (13)$$

Donde $\text{Cos } \phi_f$ es el factor de potencia requerido para el condensador

Calculamos el ángulo ϕ_r con la función inversa del coseno

$$\text{ArcCos}(\phi_r) = \phi_r \quad (14)$$

Luego reemplazamos el ángulo ϕ_f en la ecuación (11) y despejamos Q

$$Q_c = \text{Tan } \phi_f * P \quad (15)$$

Donde Q_c es la potencia reactiva medida en VAR o KVAR que se requiere almacenar en el condensador para obtener un factor de potencia $\text{Cos } \phi_f$. Para minimizar la potencia reactiva Q , es necesario que el factor de potencia sea 1 aunque cercano a uno se considera bueno. (William H. Hayt, Kemmerly, & Durbin, 2012)

En Chile se exige a las empresas que el factor de potencia no debe superar el valor de 0,93⁵.

2.6 Conceptos estadísticos.

(Walpole, Myers, Myers, & Ye, 2012) Para analizar los datos de la presente investigación, es necesario definir algunos conceptos estadísticos, para posteriormente aplicarlos al análisis de los datos que se pretenden analizar. A continuación se definen estos conceptos con sus respectivas formulas.

2.6.1 Media

La media de una muestra, no es más que un simple promedio numérico. Supongamos que se tienen $x_1, x_2, x_3, \dots, x_n$ observaciones numéricas, se define la media como la sumatoria de todos estos valores dividido entre el total de observaciones, es decir:

$$\bar{X} = \frac{\sum_n^i x_i}{n}, \quad i = 1, 2, 3, \dots, n \quad (16)$$

Dónde:

\bar{X} = Promedio o Media de la muestra

x_i = i-esima observación

n = total de observaciones

⁵ www.sec.cl

2.6.2 Varianza y Desviación estándar

La varianza corresponde a la medida de la desviación cuadrática promedio de la media \bar{x} y se calcula:

$$s^2 = \sum_n^i \frac{(x_i - \bar{x})^2}{n - 1}, i = 1, 2, 3, \dots, n \quad (17)$$

La desviación estándar de la muestra es una medida de variabilidad y está representada por la raíz cuadrada de la varianza:

$$s = \sqrt{s^2} \quad (18)$$

Dónde:

$(x_i - \bar{x})$ = diferencia entre cada una de las muestras y el promedio.

$(n - 1)$ = grados de libertad asociados con la varianza estimada.

2.6.3 Coeficiente de correlación

El coeficiente de correlación se utiliza para medir en términos numéricos el grado de relación entre una dos variables X e Y para el cálculo de este número se utilizan programas estadísticos. Para efectos de esta investigación se utilizara el programa Excel y la fórmula para calcular el coeficiente de correlación es `COEF.DE.CORREL(matriz1;matriz2)` donde la matriz 1 corresponden al rango de celdas de los valores correspondientes a la variable X y la matriz 2 corresponde al rango de celdas donde se encuentran los valores de la variable Y.

Los valores del coeficiente de correlación varían entre 0 y 1, siendo 0 el valor que corresponde a un grado de relación nulo entre las variables X e Y, y 1 un grado de asociación máximo entre las variables. Este valor también puede ser negativo, lo que indicaría que la relación entre las variables es inversamente proporcional.

CAPITULO III : METODOLOGÍA

3 Cadena de valor de Salmones Multiexport S.A

Dentro de la cadena de valor se distinguen 4 procesos principales que son la reproducción, la crianza, la engorda de los peces en el mar y el proceso para lograr el producto final. Además en cada etapa se obtienen diferentes tipos de productos⁶ de acuerdo a los requerimientos de la empresa.

En la Figura 2.7.3-1 se esquematiza el proceso de cultivo de salmón y trucha donde en cada etapa se siguen rigurosos procedimientos para asegurar la calidad del producto. Se definen las etapas como:

Etapa 1: en esta etapa, se encuentran los salmones que llegan a etapa adulta y su peso se encuentra cercano a los 20 kg, donde en un periodo de alrededor de aproximadamente 2 meses se desova a las hembras y se extrae el semen a los machos, para proceder a la fecundación artificial. Luego de esto las ovas resultantes son seleccionadas dejando sólo aquellas que tienen las mayores posibilidades de convertirse en peces saludables.

Etapa 2: el periodo en esta etapa dura entre 10 a 18 meses. En este ciclo los alevines⁷ se someten a dietas de alta calidad hasta alcanzar el proceso de smoltificación⁸ esta es una etapa crucial dentro de la cadena de valor de la empresa, dado que, los peces obtenidos en este proceso se convertirán en la materia prima para la siguiente etapa, por ende deben estar adecuados al ambiente futuro de crianza.

Etapa 3: en el mar, los peces crecen hasta completar su ciclo y alcanzar un peso de 4,5 kilos el salmón atlántico y 3 kg la trucha, en este momento los peces están listos para ser cosechados. En esta etapa se seleccionan

⁶ Se entiende como producto, el pez obtenido del proceso acorde a su peso y su especie (ovas, smolt o reproductores).

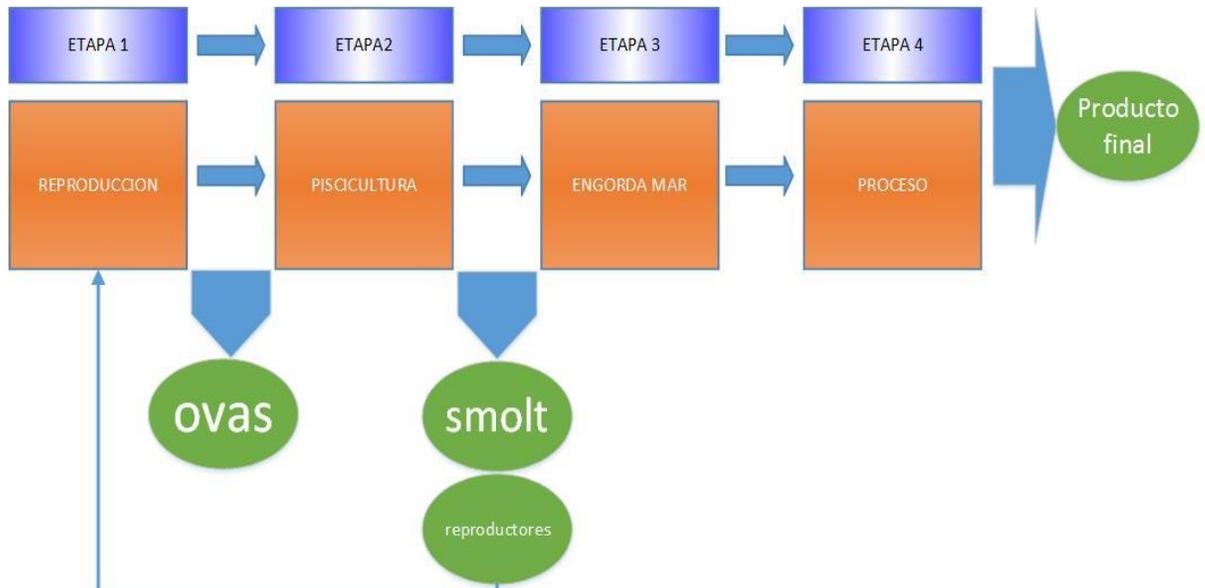
⁷ Peces pequeños con capacidad de alimentarse

⁸ proceso natural donde hay un cambio físico químico que les permite a los peces adaptarse a un medio con mayor salinidad y corriente.

cuidadosamente a los reproductores para transmitir sus genes y son llevados a centros especializados para la reproducción y producción de ovas⁹

Etapa 4: el salmón, luego de ser cosechado se traslada a la planta de procesos de multiexport, donde posteriormente se convertirán en el producto final, listo para el consumo humano.

Figura 2.6.3-1: : CADENA DE VALOR SALMONES MULTIEXPORT S.A



.Fuente: Elaboración propia

⁹ Huevo fecundado de salmón que posteriormente se convierte en alevín.

3.1 Proceso de producción piscicultura Molco

La piscicultura Molco, que forma parte de Salmones multiexport S.A es se encarga de una parte fundamental de la producción del producto final de salmónes. En la Figura 2.6.3-1 se esquematiza el proceso de producción a nivel general de la piscicultura Molco desde que llegan las ovas, hasta que se despachan a los diferentes centros de cultivo.

Dentro del proceso general de producción del smolt, se realizan subprocesos que son necesarios para el correcto funcionamiento de la piscicultura, estos subprocesos se detallan en las siguientes páginas con el fin de comprender como se desarrollan las actividades en cada etapa.

Los sub procesos que se describen a continuación, pueden tener o no, relación con el consumo energético, en caso de que alguno de estos sub procesos esté relacionado, se explica dicha relación.

Figura 2.6.3-1: proceso de producción piscicultura Molco



Fuente: elaboración propia

- Ingreso y eclosión de ovas: proceso en el cual se reciben las ovas provenientes de distintos proveedores, para posteriormente hidratarlas, desinfectarlas y ponerlas en canastillos (alrededor de 5000 ovas por canastillo) y espera su eclosión. Termina el proceso de eclosión cuando las ovas se convierten en alevines que son insertos en un sustrato para eliminar la mortalidad¹⁰. Estos alevines ya son capaces de alimentarse por sí solos. La energía requerida para la realización de este proceso se considera nula, ya que solo se requiere agua proveniente del distribuidor de agua de la piscicultura y la

¹⁰ El termino mortalidad está referido a la cantidad de peces muertos que se extrae en un determinado proceso.

iluminación de la sala de incubación, está considerada dentro del análisis de consumo eléctrico de la sala 1000.

- Primera alimentación: en esta etapa, los alevines se ponen en bateas de alrededor de 35.000 peces para comenzar a alimentarlos durante 2 semanas, donde finalmente se extrae la mortalidad, para entrar a la siguiente etapa. Al igual que en la etapa anterior, el consumo energético se considera nulo.

- Crecimiento alevines: proceso en el cual los alevines extraídos de la etapa de primera alimentación, son depositados en tanques de “2x2” ($1,6 m^3$) y “4x4” ($17,6 m^3$), para ser alimentados, y otorgarles un ambiente adecuado para su crecimiento. Las variables que se manejan y que son determinantes en el crecimiento de los peces son la temperatura y la cantidad de alimento. En esta etapa, la utilización de la energía es fundamental, ya que para calefaccionar el agua y dar el flujo que se requiere, se utilizan las bombas y sistemas de calefacción de agua que se muestran en los flujos de procesos de la Sala 1000.

- Smoltificación: luego de pasar la etapa de crecimiento, los alevines empiezan a convertirse en Smolt. En este proceso, al igual que en el anterior, se controlan las variables de temperatura y alimento, adicional a esto se controla la salinidad del agua agregando una solución de agua con sal al agua del proceso. El proceso de adición de sal al agua, permite que el alevín se adapte a un ambiente con un porcentaje de sal más alto, así cuando se traslade a un centro de cultivo en agua de mar el cambio no será tan radical y se disminuirá la mortalidad. Durante el proceso se utiliza principalmente la energía requerida para el funcionamiento de la planta de Recirculación, dichos requerimientos de energía están definidos en la tabla.

- Despacho de producción: cuando los salmones alcanzan un peso promedio requerido de 45 gramos, están listos para ser despachados

3.2 Consumo energético

A continuación se detalla todo lo relacionado al consumo energético de la piscicultura Molco.

3.2.1 Análisis tarifario

A continuación se realiza un análisis tarifario de la piscicultura, donde se muestran los tipos de tarifas, y se da a conocer la tarifa actual de la planta y como funciona acorde al proveedor de energía.

3.2.2 Tipos de tarifas, tarifa actual y óptima.

La piscicultura Molco es abastecida mediante la CGE¹¹, la cual provee los servicios de, distribución de electricidad y arriendo de equipos para la piscicultura. La piscicultura Molco, por el tipo de equipos que utiliza, debe optar por un abastecimiento de alta tensión¹², además el sector en el que se ubica la piscicultura es abastecido por el SIC¹³. Por ende continuación se definen las tarifas que la CGE dispone para ofrecer en alta tensión y los horarios punta¹⁴ según el SIC para sus clientes (CGE):

3.2.2.1 Tarifa AT2:

Este tipo de tarifa separa los cobros por energía y potencia. La energía se mide con un medidor simple de energía y la potencia la contrata el cliente de acuerdo a sus necesidades. Se controla mediante un limitador de potencia. La tarifa está compuesta por los siguientes cargos:

Cargo Fijo Mensual: Se incluye en la facturación de cada mes, independiente del consumo del cliente.

¹¹ Compañía General de Electricidad S.A.

¹² Voltaje de suministro de sobre los 400 Volt de tensión.

¹³ Sistema interconectado central

¹⁴ En el SIC, las horas de punta corresponden el período comprendido entre los meses de abril y septiembre desde las 18:00hrs hasta las 23:00hrs todos los días.

Cargo Fijo por Arriendo: Se factura a los clientes que optan por arrendar un equipo de medida en la compañía. Se realiza una facturación mensual.

Cargo por Energía: Se obtiene multiplicando la energía mensual consumida (kWh), por el precio unitario de la energía (\$/kWh).

Cargo por Potencia Contratada: Se calcula multiplicando la potencia contratada por el precio de kW en alta tensión, según la tarifa establecida.

Existen dos precios posibles para el kW en alta tensión: consumos presentes en punta (PP) y consumos parcialmente presentes en punta (PPP). La diferencia es el horario en el cual se demanda la potencia.

3.2.2.2 Tarifa AT3:

De forma igual a la tarifa definida AT2, se separan los cobros por energía y potencia. Tanto la energía como la potencia demandada son medidas a través de un medidor con registrador de demanda máxima. La tarifa está compuesta por los siguientes cargos:

Cargo Fijo Mensual: Se incluye en la facturación de cada mes, independiente del consumo del cliente.

Cargo Fijo por Arriendo: Se factura a los clientes que optan por arrendar un equipo de medida en la compañía. Se realiza una facturación mensual.

Cargo por Energía: Se obtiene multiplicando la energía mensual consumida (kWh), por el precio unitario de la energía (\$/kWh).

Cargo por Demanda Máxima: Se calcula multiplicando la energía máxima de facturación por el precio unitario de la potencia. Para ello se considera como demanda máxima de facturación del mes, la demanda de energía más alta que resulte al comparar la demanda máxima leída del mes con

el promedio de las dos más altas demandas registradas en los meses que contengan horas de punta, dentro de los últimos 12 meses, incluido el mes que se factura.

El precio unitario de la potencia puede variar dependiendo de si se demanda la potencia en las horas de punta del sistema o fuera del horario de punta.

3.2.2.3 Tarifa AT4

En esta tarifa se separan los cobros por energía, potencia suministrada (demanda máxima del mes) y potencia en horas de punta.

Para la facturación existen 3 alternativas:

	AT 4.1	AT4.2	AT4.3
Energía	Medida	Medida	Medida
Potencia a horas de punta	Contratada	Medida	Medida
Potencia a horas fuera de punta	Contratada	contratada	Medida

La tarifa AT4.3 habitualmente es utilizada por clientes que tiene la posibilidad de disminuir su consumo en horas de punta. La tarifa está compuesta por los siguientes cargos:

Cargo Fijo Mensual:

Se factura todos los meses del año, independiente del consumo del cliente.

Cargo Fijo por Arriendo de Equipos:

Se factura todos los meses a los clientes que optaron por arrendar a nuestra compañía el equipo de medida.

Cargo por Energía:

Se obtiene multiplicando la energía mensual consumida (kWh), por el precio unitario de la energía (\$/kWh).

Cargo por Potencia:

Depende de la alternativa elegida (AT 4.2 o AT4.3).

3.2.2.4 Tarifa actual

Actualmente la piscicultura Molco cuenta con la tarifa AT4.3, es decir, su potencia y energía, son medidas y por ende su facturación mensual por energía es variable.

3.2.2.5 Tarifa optima

Dada las condiciones, de consumo de energía en la piscicultura, la tarifa que se tiene actualmente contratada, es óptima para minimizar el consumo, sin embargo, dadas las condiciones de cobro, podemos inferir que se podrá reducir el consumo, disminuyendo la demanda máxima en horas punta, mediante recambio de equipos de iluminación y la adopción de buenas prácticas por parte de los trabajadores.

3.3 Factor de potencia

La revisión del factor de potencia, se hizo observando la facturación mensual de cada mes de los años 2016, 2017, y el primer trimestre del año 2018. En la factura se observó el valor de los kwh consumidos mensualmente, lo que corresponde a la potencia activa, y los Kvarh consumidos, que corresponden a la potencia reactiva ver Anexo 2. Se calcularon los consumos promedios mensuales de cada tipo de energía y luego utilizando el Triangulo de potencias y al aplicar las formulas definidas en la Corrección del factor de potencia podemos definir el factor de potencia promedio mensual que se tiene en la piscicultura. Para posteriormente calcular un factor de potencia promedio anual. Estos datos se resumen en la Tabla 3.2.2-1

Sabemos que podemos corregir el factor de potencia de los equipos mediante la instalación de condensadores que minimicen el consumo de

energía reactiva (Willian H. Hayt, Kemmerly, & Durbin, 2012). Para esto es necesario realizar una serie de cálculos, los cuales se realizaron mediante una planilla Excel utilizando las formulas definidas en el marco teórico correspondientes a la sección de Corrección del factor de potencia.

Para efectos de esta investigación se propone mejorar el FP a un valor de 0,98, por consecuencia los cálculos se realizaron en base a este valor.

Tabla 3.2.2-1: Promedios de consumo y F.P

AÑO	2016	2017	2018
PROMEDIO CONSUMO MENSUAL (KWh)	175.850	160.407	175.650
PROMEDIO CONSUMO MENSUAL REACTIVO (KVarh)	67.070	58.756	63.990
FACTOR DE POTENCIA PROMEDIO	0,93	0,94	0,94

Fuente: elaboración propia

Tabla 3.2.2-2: Datos para corrección del F.P

FACTOR DE POTENCIA PROMEDIO MENSUAL	0,94
FACTOR DE POTENCIA REQUERIDO MENSUAL	0,98
ANFULO DEL F.P FINAL	0,20
BATERIA DE CONDENSADOR FALTANTE (KVAR)	48
BATERIA DE CONDENSADOR ACTUAL (KVAR)	203
BATERIA DE CONDENSADOR FINAL (KVAR)	251

Fuente: elaboración propia

3.3.1 Corrección del factor de potencia

Para la corrección del factor de potencia en las instalaciones, se estableció un objetivo de 0,98. Tomando en consideración los años 2016, 2017 y 2018 se calculó un promedio del facto de potencia faltante para lograr un valor que se aproxime a 0,98.

Para corregir la diferencia del factor de potencia observamos que se hace necesaria la implementación de batería de condensadores, con un previo estudio realizado por el área de mantención de la piscicultura, el costo de

inversión de los condensadores depende de la capacidad de Kvar faltantes la cual genera un déficit de energía reactiva que se muestra en la Tabla 3.2.2-2 que es de 48 Kvar en este caso podrían ser 3 condensadores de 12 Kvar o dos de 20 Kvar y uno de 7,5 a continuación se presenta el cálculo estimado por cada Kvar según la empresa RHONA S.A

El tipo de condensador es un condensador cilíndrico, trifásico, de 3 polos, 50 Hertz y 400V como el que se muestra en la Figura 3.3.1-1.

Para establecer el valor del Kvar tomamos el producto con mayor valor de este proveedor y lo comparamos con el de menor valor y en relación a la capacidad del condensador establecimos promedio del valor del Kvar para nuestro análisis, estos datos se resumen la siguiente tabla.

Tabla 3.3.1-1: precio Kvar en pesos

PRECIO TOTAL	CAPACIDAD (Kvar)	PRECIO POR Kvar
\$ 144.679	40	\$ 3.617
\$ 28.374	2,5	\$ 11.350
	VALOR PROMEDIO POR CADA Kvar	\$ 7.483

Figura 3.3.1-1: condensador Trifasico



Fuente: (RHONA S.A, 2018)

Los costos anuales de la implementación de los nuevos condensadores se detallan en la siguiente tabla:

Tabla 3.3.1-2: análisis económico condensadores

ALTERNATIVA	Condensadores
COSTO DE INVERSION	359.184
COSTO O Y M	119.728
COSTO DEL CAPITAL	12%
AHORRO ANUAL	\$ 23.768.583
VAN	-\$ 466.084
CAE	\$ 82.489

Fuente: elaboración propia

Para efectos de cálculo se consideró un costo del capital de 12%, esta tasa es la que utiliza la empresa para cálculos financieros, además los costos de operación y mantención se calcularon en base a que cada 3 años se cambian los condensadores por unos nuevos de las mismas características, esto está dentro del plan de mantención de la piscicultura, es por esto que el costo de inversión se dividió en 3 años y se consideró como un costo de mantención. El ahorro anual se calculó en base a los Kvar que se podrían ahorrar implementando estos condensadores y mejorando el factor de potencia. Para ver los detalles de estos cálculos ver Anexo 6.

3.4 Potencia eléctrica instalada

Las instalaciones de la piscicultura Molco, funcionan mediante energía eléctrica y GLP, en esta sección se detallan los consumos eléctricos en la planta.

3.4.1 Potencia total instalada

La potencia total instalada hace referencia a todos los sectores de la planta, estos sectores se clasifican en la Tabla 3.4.7-1. A continuación se detallan los sectores definidos y sus principales características respecto al consumo eléctrico. Todos estos sectores los podemos ubicar en el layout de la piscicultura Molco (ver Anexo 1)

3.4.2 Sala 1000

La ubicación de la sala 1000 se puede identificar en el Anexo 1, aquí se encuentran las calderas, intercambiadores de calor, y todos los equipos necesarios para el cultivo de peces en estanques de 2x2 m ($1,6m^3$) y 4x4 m ($17,6m^3$). Este sector funciona con un flujo de agua abierto¹⁵ para realizar los procesos de producción. En el Anexo 3 se detallan las potencias instaladas.

3.4.3 Recirculación o sala 2000

La planta de recirculación es un sector que entro en funcionamiento el año x, y su principal ventaja es que el agua que se utiliza en los procesos es debidamente tratada y reutilizada, de esta forma se logra un ahorro significativo de combustible en comparación con los sectores que utilizan agua en flujo abierto. En el Anexo 3 se detalla la potencia instalada en este sector.

¹⁵ Se considera flujo de agua abierto, la utilización del agua en proveniente de un afluente natural, en procesos, que luego es devuelta a su cauce natural.

3.4.4 Sala 3000

La sala 3000 está compuesta de estanques de m^3 , aquí el agua se encuentra a una temperatura de 8°C . Dado que la temperatura del agua es proporcional al crecimiento de los peces, en esta sala se ralentiza el crecimiento de los peces, es por esto que en esta sala se depositan los peces que han alcanzado el tamaño para su despacho. Las potencias de este sector las podemos ver en el Anexo 3

3.4.5 Exteriores

Nos referimos a exteriores a todos los equipos que consumen energía eléctrica pero están fuera de los galpones de sala o a la intemperie, aquí podemos encontrar bombas, el distribuidor de agua entre otros que se pueden visualizar en el

ANEXOS

. Las potencias instaladas en exteriores están definidas en el Anexo 3

3.4.6 Planta de riles

La planta de tratamiento de riles, es un sector donde se procede a tratar el agua proveniente de las salas de cultivo y se limpia mediante procesos químicos, para retirar todos los desechos y devolver el agua limpia a su cauce normal. Dentro de este sector se identifican las potencias instaladas detalladas en el Anexo 3

3.4.7 Casino y oficina

El casino de la piscicultura, cuenta con instalaciones para la preparación y consumo de alimentos para los trabajadores y al igual que la oficina cuenta con equipos de uso cotidiano los cuales su potencia instalada está definida en la Anexo 3

Tabla 3.4.7-1: potencia total instalada piscicultura molco

ZONA	POTENCIA (KW)
RECIRCULACION	257,6
SALA 1000	154,9
SALA 3000	40,4
PLANTA DE RILES	37,3
EXTERIORES	21,8
CASINO Y OFICINA	5,5
TOTAL POTENCIA INSTALADA (KW)	517,5

Fuente: elaboración propia

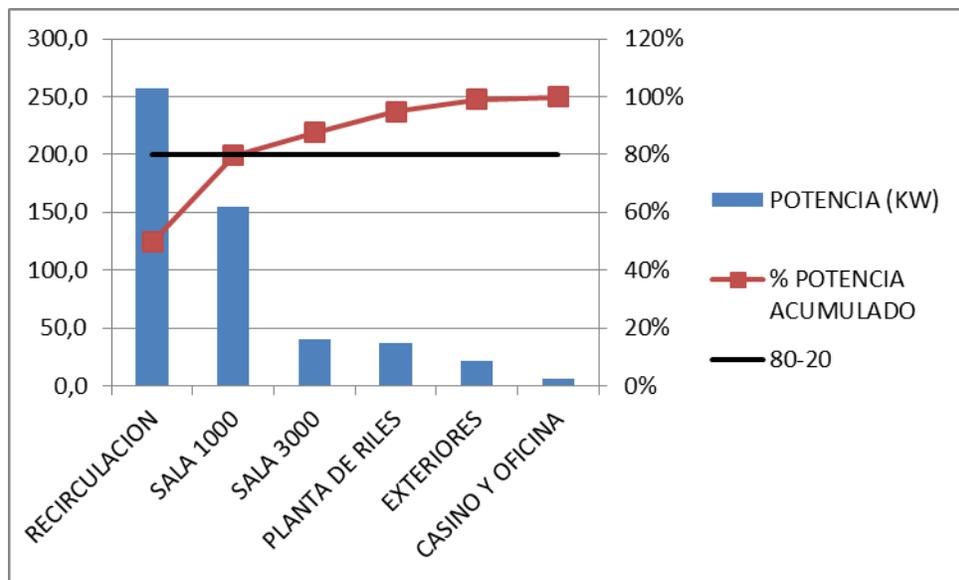
3.5 Análisis de potencia instalada.

Para efectos de esta investigación se realizará un análisis de Pareto para saber cuáles son los sectores que presentan la mayor potencia instalada y que por ende van a presentar un mayor consumo energético.

En la Figura 3.4.7-1: diagrama de Pareto; potencia instalada piscicultura Molco. se presenta el análisis realizado a nivel general, el cual nos da un indicio de los sectores que corresponde considerar, en base a la potencia instalada, nuestro análisis de consumo. Estos sectores son:

1. Sala 1000
2. Recirculación
3. Sala 3000

Figura 3.4.7-1: diagrama de Pareto; potencia instalada piscicultura Molco.



Fuente: elaboración propia

Este grafico de Pareto, nos indica claramente que cerca del 80% de la potencia total instalada se encuentra dividido entre las salas recirculación, sala 1000 y sala 3000 siendo estos 3 sectores los que influirán mayoritariamente en el consumo general de la piscicultura.

3.6 Consumo de gas

El gas dentro de la piscicultura Molco es el insumo que experimenta el mayor costo, debido a que se utiliza en el proceso único de temperado, el cual se realiza mediante calderas que utilizan este tipo de combustible. En la siguiente tabla se presenta el consumo histórico general de gas en los distintos sectores que demandan la utilización de este tipo de energía.

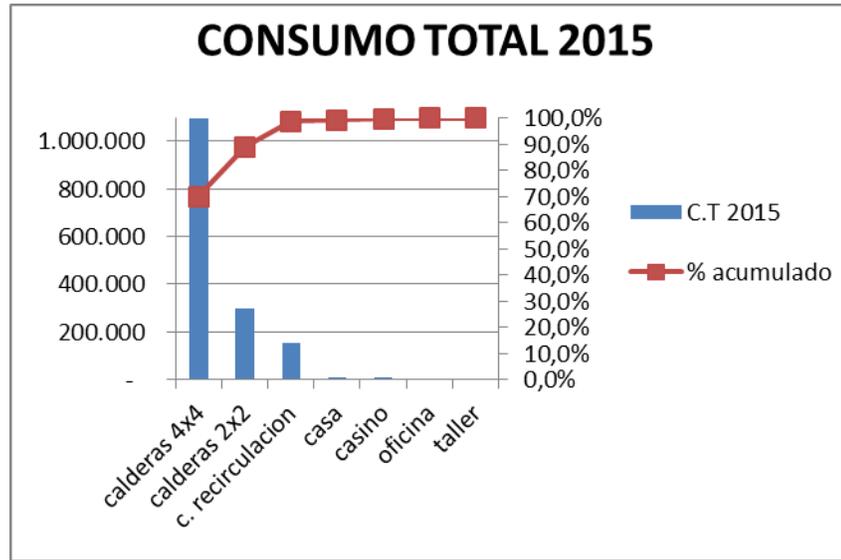
Tabla 3.4.7-1: consumo histórico de gas.

	C.T 2015	% acumulado
calderas 4x4	1.096.026	70,1%
calderas 2x2	298.306	89,1%
c. recirculacion	153.407	99,0%
casa	8.430	99,5%
casino	5.935	99,9%
oficina	2.009	100,0%
taller	-	100,0%
	C.T 2016	% acumulado
calderas 4x4	1.104.040	74,8%
calderas 2x2	209.661	89,0%
c. recirculacion	145.931	98,9%
casino	6.493	99,3%
casa	6.161	99,7%
oficina	3.555	100,0%
taller	627	100,0%
	C.T 2017	% acumulado
calderas 4x4	648.664	66,3%
calderas 2x2	179.468	84,7%
c. recirculacion	132.797	98,3%
casino	7.259	99,0%
casa	6.984	99,7%
oficina	2.414	100,0%
taller	298	100,0%

Fuente: elaboración propia

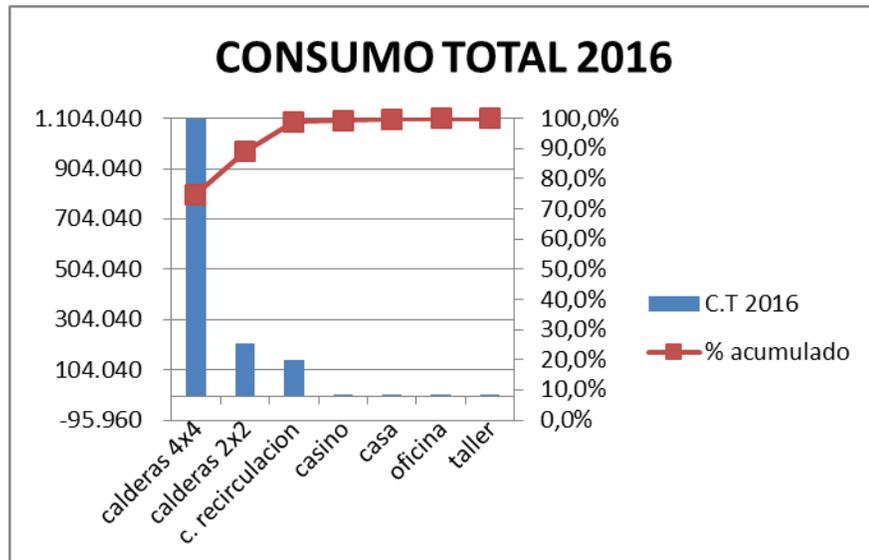
Al analizar los datos se realizó un diagrama de Pareto que arrojó los siguientes resultados:

Figura 3.4.7-1:diagrama de Pareto consumo año 2015



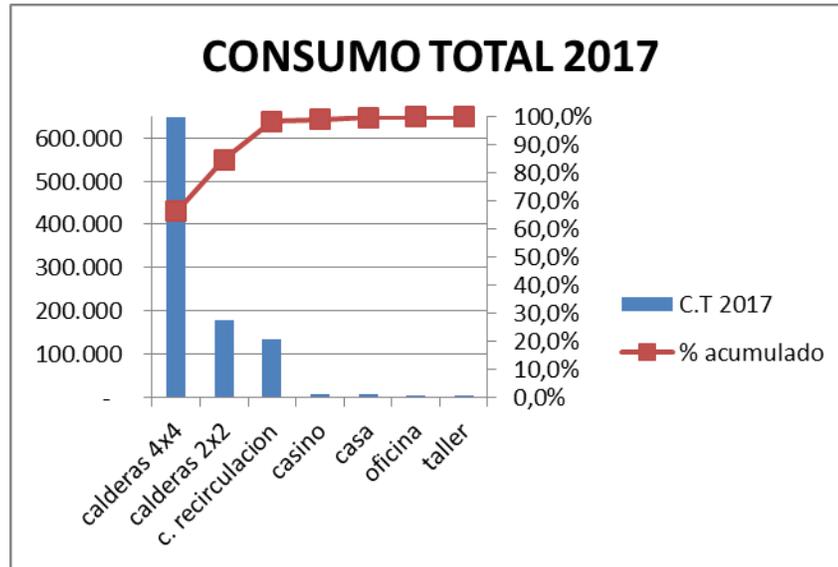
Fuente: elaboración propia

Figura 3.4.7-2: diagrama de Pareto consumo año 2016



Fuente: elaboración propia

Figura 3.4.7-3:diagrama de Pareto consumo año 2017.



Fuente: elaboración propia

Se observa que aproximadamente el 80% del consumo de gas, está concentrado en la sala 1000, en las calderas de la sala de los estanques 2x2 y 4x4 siendo estos los sectores a considerar en nuestra investigación.

3.6.1 Variables que influyen en el consumo de gas

Para definir las variables que influyen en el consumo de gas, es necesario realizar una regresión lineal múltiple de las variables, para obtener un modelo que nos permita estimar el consumo de gas mediante las variables más influyen en dicho consumo. El análisis se hizo en base a la planilla Excel que maneja la piscicultura la cual incluye las variables detalladas para cada sector en el Anexo 4 estas variables se consideraron en el periodo comprendido entre los meses de noviembre del año 2017 y mayo del 2018, puesto que en este periodo están consideradas las variables que se manejan actualmente en la piscicultura respecto al temperado de aguas.

De las variables que se analizaron se consideraron las que tienen variación de valores, dado que dentro de las variables definidas existen

variables que se utilizan como parámetros establecidos, los cuales no varían y por consecuencia no influyen en el consumo de gas, que es la variable dependiente que se analizó.

Las variables establecidas para el análisis de regresión lineal múltiple se definieron para cada sector en la Tabla 3.6.1-1 para el sector 2x2, en la Tabla 3.6.1-2 para el sector 4x4, y en la Tabla 3.6.1-3 para recirculación.

Tabla 3.6.1-1: variables definidas para el análisis del sector 2x2.

Var	NOVIEMBRE 2017 - MAYO 2018
Y	CONSUMO GAS LT.
X1	Presion de trabajo de caldera
X2	SP CALDERA (Temperatura requerida)
X3	ENTRADA LIMPIA (AGUA VERTIENTE)
X4	RECUP. INTERCAMB.
X5	SALIDA LIMPIA (agua hacia caldera)
X6	APORTE CALDERA
X7	ENTRADA USADA (T° cultivo)
X8	CAUDAL DE ENTRADA A SALA (M3/H)
X9	PRESION DE TRABAJO BOMBAS
X10	NUMERO ESTANQUES UTILIZADOS
X11	BIOMASA DIA (KG)
X12	ALIMENTO ENTREGADO (KG)

Fuente: elaboración propia

Tabla 3.6.1-2: variables definidas para el análisis del sector 4x4.

Var	NOVIEMBRE 2017 - MAYO 2018
Y	CONSUMO GAS LT.
X1	SP CALDERA (Temperatura requerida)
X2	ENTRADA LIMPIA (AGUA VERTIENTE)
X3	RECUP. INTERCAMB.
X4	SALIDA LIMPIA (agua hacia caldera)
X5	APORTE CALDERA
X6	ENTRADA USADA (T° cultivo)
X7	CAUDAL DE ENTRADA A SALA (M3/H)
X8	NUMERO DE ESTANQUES EN SALA
X9	BIOMASA DIA (KG)
X10	ALIMENTO ENTREGADO (KG)

Fuente: elaboración propia

Tabla 3.6.1-3: variables definidas para el análisis del sector recirculación.

Var	NOVIEMBRE 2017 - MAYO 2018
Y	CONSUMO GAS LT.
X1	Temperatura cuerpo Caldera (°C)
X2	SP CALDERA (Temperatura requerida)
X3	NUMERO DE ESTANQUES EN SALA
X4	VOLUMEN ESTANQUES SALA 2000 (M3)
X5	BIOMASA DIA (KG)
X6	ALIMENTO ENTREGADO (KG)

Fuente: elaboración propia

Se realizó una regresión lineal múltiple por etapas en el software R, para cada sector en particular obteniendo un modelo matemático con las variables que más influyen en el consumo de gas en la piscicultura, esto con el fin de poder en un futuro, tener conocimiento de cuáles son las variables que se deberían controlar para hacer más eficiente el consumo de gas.

3.6.2 Modelo de regresión para sector 2x2

Figura 3.6.2-1: Resultados del análisis de variables para el modelo en 2x2

```
Residuals:
  Min      1Q  Median      3Q      Max
-540.11 -58.16   4.87   67.54  369.24

Coefficients:
              Estimate Std. Error t value Pr(>|t|)
(Intercept) -3711.548    301.624  -12.305 < 2e-16 ***
X2           281.394     19.766   14.236 < 2e-16 ***
X8           16.107      2.212    7.281 1.1e-11 ***
X10          6.161      2.043    3.016 0.00295 **
---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Residual standard error: 133.8 on 174 degrees of freedom
Multiple R-squared:  0.6127, Adjusted R-squared:  0.6061
F-statistic: 91.77 on 3 and 174 DF,  p-value: < 2.2e-16
```

Fuente: elaboración propia

De acuerdo a estos resultados, el modelo matemático para predecir el consumo de gas en el sector 2x2 quedaría de la siguiente forma:

$$Y = -3711,548 + 281,394X2 + 16,107X8 + 6,161X10 \quad (19)$$

Dónde:

Y= Consumo de gas diario (L)

X2= Set Point de la caldera (temperatura requerida)

X8= caudal de entrada a sala (M3/H)

X10= N° de estanques utilizados

3.6.3 Modelo de regresión para sector 4x4

Figura 3.6.3-1: Resultados del análisis de variables para el modelo en 4x4

	Min	1Q	Median	3Q	Max
	-2003.70	-208.82	-0.67	221.88	1843.64

Coefficients:					
	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t)	
(Intercept)	-6393.20768	1057.05798	-6.048	0.00000000757	***
X1	436.14751	85.23319	5.117	0.00000075269	***
X5	322.65566	90.05461	3.583	0.000431	***
X7	5.29575	1.24604	4.250	0.00003338744	***
X9	0.12372	0.01133	10.922	< 2e-16	***

 Signif. codes: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Residual standard error: 430.5 on 191 degrees of freedom
 Multiple R-squared: 0.4725, Adjusted R-squared: 0.4615
 F-statistic: 42.77 on 4 and 191 DF, p-value: < 2.2e-16

Fuente: elaboración propia

De acuerdo a estos resultados, el modelo matemático para predecir el consumo de gas en el sector 4x4 quedaría de la siguiente forma:

$$Y = -6393,208 + 436,148X1 + 322,656X5 + 5,296X7 + 0,124X9 \quad (20)$$

Donde:

Y= consumo de gas (L)

X1= Set Point de caldera (temperatura requerida)

X5= Aporte de T° de la caldera

X7= Caudal de entrada a sala (M3/H)

X9= Biomasa del día (KG)

3.6.4 Modelo de regresión para sector de recirculación

Figura 3.6.4-1: Resultados del análisis de variables para el modelo en recirculación

```
Residuals:
  Min      1Q  Median      3Q      Max
-661.96 -169.48  -78.65  146.03 1338.04

Coefficients:
              Estimate Std. Error t value Pr(>|t|)
(Intercept) -524.613     84.178  -6.232 2.88e-09 ***
X1             17.065      2.203   7.747 5.40e-13 ***
X3             20.168      7.048   2.862 0.00468 **
---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Residual standard error: 334.1 on 191 degrees of freedom
Multiple R-squared:  0.3895, Adjusted R-squared:  0.3831
F-statistic: 60.93 on 2 and 191 DF,  p-value: < 2.2e-16
```

Fuente: elaboración propia

De acuerdo a estos resultados, el modelo matemático para predecir el consumo de gas en el sector 2x2 quedaría de la siguiente forma:

$$Y = -524,613 + 17,065X1 + 20,168X3 \quad (21)$$

Dónde:

Y= consumo de gas (L)

X1= temperatura del cuerpo de la caldera

X3= N° de estanques en sala (utilizados)

3.7 Temperado de agua para proceso

El proceso de temperado de agua, se realiza en la piscicultura mediante calderas a gas, las cuales consumen grandes cantidades del combustible para poder elevar la temperatura del agua según los requerimientos del proceso

3.8 Fuente de calefacción del agua.

Como fuente de calefacción para procesos de la piscicultura, se utilizan calderas alimentadas por GLP. Para el sector 2x2 de la sala 1000, se utiliza una caldera, para el sector 4x4 de la sala 1000 se utilizan 2 calderas y para recirculación se utiliza 1 caldera. El detalle de dichas calderas se presenta en las siguientes tablas

Tabla 3.6.4-1: DETALLE CALDERA 2X2

CALDERA 2X2	
MARCA	PARADIES
MODELO	HW 350
POT. TERMCA (Kcal/h)	350.000
PRESION (bar)	5
T° max (°C)	100

Fuente: elaboración propia

Tabla 3.6.4-2: DETALLE CALDERAS 4X4

CALDERAS 4X4	
MARCA	IVAR
MODELO	SUPERAC 1220
POT. TERMCA (Kw)	1.240
PRESION (bar)	6
T° max (°C)	100

Fuente: elaboración propia

Tabla 3.6.4-3: DETALLE CALDERA RECIRCULACION

CALDERA RECIRCULACION	
MARCA	IVAR
MODELO	SUPERAC 580
POT. TERMCA (Kw)	581
PRESION (bar)	6
T° max (°C)	100

Fuente: elaboración propia

3.9 Costo del gas

Para comprender la situación actual del consumo de gas de las calderas a continuación se presenta el consumo y el costo del gas dentro de la piscicultura en los diferentes sectores. Cabe mencionar que las calderas utilizan GLP¹⁶

Tabla 3.6.4-1: Costos y consumos de GLP en la piscicultura Molco

	promedio consumo anual (L)	promedio consumo mensual (L)	precio (\$/L) GLP	costo mensual promedio consumo gas
c. recirculacion	132.797	11.066,42	458 \$	5.068.419
calderas 2x2	179.468	14.955,67	458 \$	6.849.695
calderas 4x4	648.664	54.055,33	458 \$	24.757.343
TOTAL	960.929	80.077	458 \$	36.675.457

Fuente: elaboración propia.

Los cálculos de consumo se realizaron en base a los datos del año 2017 y el precio es el precio actual del GLP

Podemos observar que los costos mensuales por consumo de gas son en promedio de más de 35 millones de pesos lo que constituye una parte importante de los costos de la piscicultura

3.9.1 Opción de mejora

Para la mejora en la eficiencia en el consumo de gas, consideramos la implementación de una bomba de calor que cumpla con el aporte de calor necesario en comparación con las calderas ya existentes en la piscicultura, las

¹⁶ Gas licuado de petróleo

cuales se detallaron anteriormente en la Tabla 3.6.4-1 para sector 2x2, Tabla 3.6.4-2 para sector 4x4 y Tabla 3.6.4-3 para recirculación.

Las especificaciones de calor de la bomba de calor a implementar se presentan en la siguiente ilustración según su modelo:

Figura 3.9.1-1: bomba de calor



**CHILLER TORNILLO POLIVALENTE
ENFRIADO POR AIRE**
MARCA: THERMOCOLD (ITALIA)
MODELO: HEVA QUATTRO
COMPRESOR: TORNILLO SEMI-HERMÉTICO
VENTILADOR: HELICOIDAL
TIPO: 4 TUBOS
REFRIGERANTE: R-134A
VÁLVULA DE EXPANSIÓN ELECTRÓNICA
UNIDAD DE VENTA: UNITARIO

CÓDIGO	MODELO	CAPACIDAD KW FRÍO/CALOR	USD NETO
219860	2370 V	368 / 412	COTIZAR
219861	2410 V	408 / 464	COTIZAR
219862	2430 V	426 / 484	COTIZAR
219863	2470 V	463 / 528	COTIZAR
219864	2530 V	529 / 594	COTIZAR
219865	2600 V	594 / 676	COTIZAR
219866	2630 V	626 / 699	COTIZAR
219867	2670 V	666 / 718	COTIZAR
219868	2740 V	733 / 812	COTIZAR

Fuente: Cosmoplas S.A

Se elaboró una tabla resumen con los requerimientos de calor actual de la piscicultura en base al aporte calórico de las actuales calderas y se estableció una comparación con la cantidad y el modelo de la nueva tecnología a implementar lo que se resume en la tabla que se muestra a continuación.

Tabla 3.9.1-1: requerimientos para bomba de calor

sector	Q requerido (Kw)	Q bomba calor (Kw)	Modelo	cantidad
2x2	407	411,8	2370v	1
4x4	1.240	675,7	2600v	2
recirculacion	581	594,1	2530v	1

Fuente: elaboración propia.

Se elaboró un análisis económico de costos y potencial ahorro que podría tener la implementación de esta nueva tecnología para calentar el agua, los detalles de este análisis se pueden ver en el Anexo 7.

En la tabla siguiente se puede ver el resumen del análisis económico para la implementación de Bomba de calor.

Tabla 3.9.1-2: análisis económico B.C

ALTERNATIVA	B.C
COSTO DE INVERSION	167.821.000
COSTO O Y M	\$ 3.500.000
COSTO DEL CAPITAL	12%
AHORRO ANUAL	\$ 12.859.585
VAN	-\$ 170.946.000
CAE	\$ 30.254.735

Fuente: elaboración propia

Este análisis se hizo en base a un horizonte de evaluación de 10 años aunque las B.C según en fabricante debería tener una vida útil de 30 años, sin embargo, al evaluar los costos a 20 años, tampoco se hace viable la inversión según el índice Costo-efectividad (ver Anexo 8). Es decir, en las condiciones actuales, es imposible la implementación de esta nueva tecnología.

3.10 Energías alternativas

A continuación se presenta en detalle, un análisis para la utilización de energías alternativas en la piscicultura Molco. Dentro de las alternativas se consideró la energía eólica, fotovoltaica e hidráulica.

3.10.1 Energía eólica

Se plantea la opción de generar energía mediante la utilización de aerogeneradores Off grid¹⁷, para almacenar energía y utilizarla para los requerimientos eléctricos de la piscicultura.

Mediante el explorador de energía eólica creado por la (Facultad de ciencias físicas y matemáticas universidad de chile, 2012) se analizó el potencial eólico del sector donde está ubicada la piscicultura. El explorador de energía eólica utiliza el modelo WRF¹⁸, y es una herramienta que entrega resultados de una simulación numérica de la densidad del aire, condiciones del viento de una forma gráfica y comprensible para el usuario.

La herramienta definida anteriormente, entrega resultados según las coordenadas en las cuales nos situemos y los parámetros que nosotros establecemos, para posteriormente generar un informe de acuerdo a los datos ingresados del sector.

Para el análisis de nuestro sector se consideró generar un informe según los parámetros establecidos en el Anexo 5 donde se consideró la ubicación aproximada de la piscicultura Molco de acuerdo al layout establecido en la empresa (Anexo 1), en concordancia con el mapa del explorador de energía eólica y se definió una altura de 5.5 metros para simular el potencial de energía eólica.

¹⁷ El termino off grid hace referencia a la generación de energía para la utilización con motivos privados, es decir, sin inyección de energía a una red principal o nacional.

¹⁸ Weather Research and Forecasting.

Los informes arrojaron los resultados estadísticos resumidos en la Tabla 3.10.1-2. La simulación de los datos se hizo en base al año 2010 y arroja que el viento a 5 m de altura tendría una velocidad media diaria de 2.1 m/s con una mínima de 0.6 m/s aproximadamente.

A continuación se presentan las características de un aerogenerador de baja potencia para instalar si las condiciones son favorables para su funcionamiento.

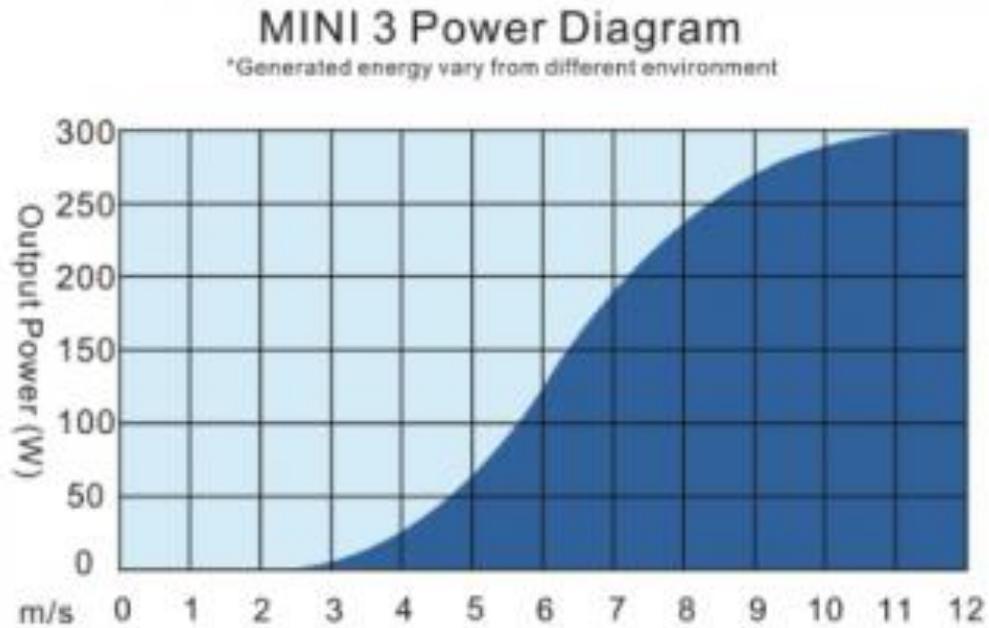
Tabla 3.10.1-1: Características aerogenerador 300W

Característica	Valor
Potencia	300W
Diámetro rotor	1,16 metros
Velocidad nominal del viento	12 m/s
Velocidad de partida	2,5 m/s
Vida útil	3 años

Fuente: www.queulat-energy.cl

En la Figura 3.10.1-1 se presenta la curva de operación del aerogenerador

Figura 3.10.1-1: Curva de operación del aerogenerador de 300W



Fuente: www.queulat-energy.cl

Si observamos la Tabla 3.10.1-2 podemos ver que la velocidad mínima diaria promedio, es de 1,5 m/s, y la máxima es de 3 m/s siendo la velocidad diaria promedio 2,1 m/s. Dada esta condición, y al observar la gráfica de funcionamiento del aerogenerador de 300W, podemos ver que al instalar este aerogenerador, este se encontrará detenido el 75% del tiempo y además cuando entre en funcionamiento, este producirá potencias menores a 50W lo que es irrelevante para nuestros objetivos.

Por lo anterior, la opción de generar energía eólica, se descarta.

Tabla 3.10.1-2: estadística básica simulación potencial eólico 5m altura.

Mes	Medio Diario	Mínimo Diario	Máximo Diario	Variabilidad
	m/s	m/s	m/s	m/s
Enero	1.8 ± 0.3	0.4 ± 0.1	3.7 ± 0.7	0.5 ± 0.2
Febrero	2.1 ± 0.4	0.6 ± 0.1	4.4 ± 0.8	0.8 ± 0.3
Marzo	1.5 ± 0.3	0.4 ± 0.1	3.1 ± 0.6	0.5 ± 0.2
Abril	2.0 ± 0.4	0.5 ± 0.1	4.0 ± 0.7	0.9 ± 0.3
Mayo	1.8 ± 0.3	0.4 ± 0.1	3.4 ± 0.6	1.3 ± 0.4
Junio	2.5 ± 0.5	0.8 ± 0.1	4.5 ± 0.8	1.3 ± 0.5
Julio	2.8 ± 0.5	0.9 ± 0.2	5.3 ± 0.9	1.3 ± 0.5
Agosto	3.0 ± 0.5	1.1 ± 0.2	5.5 ± 1.0	2.1 ± 0.8
Septiembre	1.5 ± 0.3	0.3 ± 0.1	2.8 ± 0.5	0.7 ± 0.2
Octubre	1.7 ± 0.3	0.4 ± 0.1	3.5 ± 0.6	0.6 ± 0.2
Noviembre	2.0 ± 0.4	0.5 ± 0.1	3.9 ± 0.7	0.7 ± 0.3
Diciembre	1.9 ± 0.3	0.5 ± 0.1	3.9 ± 0.7	0.8 ± 0.3
TODOS	2.1 ± 0.1	0.6 ± 0.0	4.0 ± 0.2	1.2 ± 0.3

Cuadro 2: Estadística básica para Velocidad de viento. El promedio diario es el promedio de todos los valores horarios simulados durante el período indicado. El mínimo diario corresponde al promedio del valor mínimo en cada día simulado. De manera similar, el máximo diario es el promedio del valor máximo en cada día simulado. La variabilidad es la desviación estándar del valor medio diario.

Fuente: explorador eólico, Facultad de ciencias físicas y matemáticas universidad de chile

3.10.2 Energía fotovoltaica

La energía fotovoltaica, es la energía obtenida a través de la radiación directa o indirecta de los rayos ultra violeta provenientes del sol, dicha energía se puede transformar a energía eléctrica mediante el uso de paneles fotovoltaicos los cuales son de uso común, dado que actualmente son muy populares.

3.10.3 Potencial solar

De acuerdo a las condiciones del sector de emplazamiento de la piscicultura, y utilizando el explorador solar de la universidad de chile obtuvimos el potencial solar disponible para la piscicultura. Para esto utilizamos las ecuaciones establecidas en el Capítulo 2 (ecuación (1) y ecuación (2)

Como unidad básica de generación, se utilizarán paneles fotovoltaicos de 100W y un kit de generación de 2400W (Panel solar chile, 2017)

Para la obtención de una radiación global se considera la instalación de los paneles orientados hacia el norte y una inclinación igual a 39,34° considerando la nubosidad. (Universidad de chile, 2008)

Los detalles de la unidad básica de generación de 100 w se detallan a continuación:

tabla 3.10.3-1: Características panel solar fotovoltaico 100W

potencia (W)	100
area (m ²)	0,66
eficiencia (%)	18%

Fuente: (Panel solar chile, 2017)

Con los datos obtenidos del explorador solar de la (Universidad de chile, 2008), se elaboró una tabla que contiene los datos relevantes para dimensionar el potencial que se tiene en la piscicultura en base a la utilización de paneles solare de 100W. a continuación se detallan dichos datos:

Tabla 3.10.3-2: Datos potencial solar

mes	radiacion Kwh/m ² /dia	Dias mes	Radiacion mensual Kwh/m ²	Genracion mensual Kwh
enero	6,93	31	214,83	25,52
febrero	6,65	28	186,20	22,12
marzo	5,76	31	178,56	21,21
abril	4,57	30	137,10	16,29
mayo	3,52	31	109,12	12,96
junio	3,01	30	90,30	10,73
julio	3,01	31	93,31	11,09
agosto	3,56	31	110,36	13,11
septiembre	4,84	30	145,20	17,25
octubre	5,22	31	161,82	19,22
noviembre	5,85	30	175,50	20,85
diciembre	6,34	31	196,54	23,35
			1.798,8	213,7

Fuente: elaboración propia

Como podemos observar, un panel fotovoltaico de 100W puede generar 213,7 Kw al año, sin embargo en este proyecto se analizará la opción de instalar un kit fotovoltaico de 2400W lo que implica la instalación de 24 paneles de 100W. el kit de generación incluye 8 paneles y los 16 paneles restantes tienen un costo adicional. A continuación se detallan los costos de dichos equipos y el potencial ahorro que tendrían para la piscicultura tomando en consideración el valor del Kw del año 2017.

Tabla 3.10.3-3: costos de inversión kit fotovoltaico y potencial ahorro

ALTERNATIVA	E. fotovoltaica
COSTO DE INVERSION	2.582.400
COSTO O Y M	-
COSTO DEL CAPITAL	12%
AHORRO ANUAL	\$ 4.258.999
VAN	-\$ 2.582.400
CAE	\$ 457.044
INDICE COSTO-EFICIENCIA	9,32

Fuente: elaboración propia

Se consideró un costo anual de O y M como cero (0) dado que la mantención de los paneles solares según (Flores, 2016) involucra solo la limpieza de los paneles mediante la extracción de polvo acumulado u otras sustancias del aire o el ambiente, trabajo que puede ser realizado por el equipo de mantención de la piscicultura.

3.10.4 Energía hidráulica.

La energía hidráulica es el tipo de energía obtenida mediante la fuerza y acción de fluidos, generalmente agua. En esta sección nos enfocaremos en realizar un análisis del caudal que se tiene disponible para utilizar en la piscicultura y como podría utilizarse para proveer a la empresa de una fuente extra de energía mediante el uso de dicho caudal y la posible implementación de una micro planta hidroeléctrica.

3.10.5 Aprovechamiento del caudal disponible

La piscicultura Molco, como se mencionó anteriormente, utiliza para el proceso de cultivo, un caudal que se extrae de una vertiente aledaña a la planta, luego de realizar todos los procesos dentro de la piscicultura, este caudal es tratado y devuelto a un estero que pasa por el lugar. Después de una inspección visual, se analizó la posibilidad de aprovechar dicho caudal para utilizarlo en algún equipo que genere energía mediante la fuerza del agua (hidráulica).

Se analizó la factibilidad de instalación de una central hidráulica dependiendo del caudal disponible.

3.10.6 Caracterización del caudal

El caudal disponible es devuelto al río luego de su tratamiento en la planta de riles. La totalidad del caudal disponible está libre de procesos cuando entra al distribuidor o cuando sale de la planta. Por lo tanto una futura instalación debe ser considerada en uno de estos lugares para aprovechar al máximo el caudal disponible.

Los datos del caudal histórico utilizado en la piscicultura se resumen en la Tabla 3.10.6-1

Tabla 3.10.6-1: caudales históricos piscicultura Molco.

año	m^3/s		
	2016	2017	2018
caudal medio anual	0,29	0,36	0,34
caudal minimo anual	0,01	0,06	0,04
caudal maximo anual	0,49	0,53	0,5

Fuente: elaboración propia

Como dato extra, se tiene que la piscicultura está autorizada para obtener desde la vertiente, un caudal de 605 l/s es decir $0,605 m^3/s$

Dada las características del caudal, y según lo observado podemos definir una altura de columna de agua inferior a 5 metros, este dato es relevante para seleccionar adecuadamente una turbina que se adapte a las características del caudal definido.

Tomaremos el supuesto de que, realizando las correspondientes obras civiles para una futura instalación, se podrían manejar caudales que estén dentro de un promedio de 500 l/s. Este caudal es superior al que se maneja actualmente, pero está dentro de lo que se le permite utilizar a la piscicultura. Los cálculos para el dimensionamiento se harán bajo este supuesto, por lo tanto el caudal que se utilizará será de $0,5 m^3/s$.

La altura la estimaremos siguiendo un proceso de observación dentro de las instalaciones de la piscicultura. Los posibles lugares con sus respectivas alturas máximas donde se podría instalar la turbina se detallan en las imágenes en estos lugares que podemos observar en las siguientes imágenes el caudal es máximo.

De acuerdo a la tabla, seleccionaremos el lugar x donde la altura máxima alcanza los 2 metros aproximadamente y tomaremos este valor para efectos de cálculos.

3.10.7 Selección de la turbina

En la tesis para optar al grado de master el ciencias realizada por (Prophet, 2015), se menciona que para grandes caudales y bajas alturas de columna de agua, la turbina que maximiza la utilización de la energía potencial del agua es la turbina del tipo Kaplan, la cual funcionando entre un 50% y 90% de su flujo de diseño, tienen una alta eficiencia promedio de 90%.

Tomando como referencia lo anterior, es que, para efectos de esta investigación todos los cálculos se harán en base a este tipo de turbina y para efectos de cálculo, su eficiencia se considerará como 0,9.

3.10.8 Costos de inversión

(Cavazzini, Santolin, Pavesi, & Ardizzon, 2016) Presentan un enfoque para la estimación del costo de los equipos electromecánicos, según el cual el costo final se descompone en tres términos, dos de los cuales representan el costo del equipo mecánico, y uno el costo de equipo eléctrico. La correlación final, cuyos coeficientes dependen del tipo de turbina seleccionada, no depende solo de la potencia y la altura de la columna de agua, sino también del caudal de diseño. Los parámetros que determinan los costos son la altura de la columna de agua disponible (H), el caudal disponible en l/s (Q) y la potencia de diseño de la turbina en KW (P). A continuación se describen las ecuaciones de costos definidas en el documento, para cada tipo de turbina. Los costos se definen en euros (€). Para efectos de estimación real, posteriormente se hará la conversión a pesos chilenos (\$).

Según (Cavazzini, Santolin, Pavesi, & Ardizzon, 2016) los costos de las diferentes tipos de turbinas vienen dados por las siguientes ecuaciones:

Turbina pelton

$$C_{pelton} = 1358677,67 * H^{0,014} + 8489,85 * Q^{0,515} + 3382,1 * P^{0,416} - 1479160,63 \quad (22)$$

➤ Turbina Francis

$$C_{francis} = 190,37 * H^{1,27963} + 1441610,56 * Q^{0,03064} + 9,62402 * P^{1,28487} - 1621571,28 \quad (23)$$

➤ Turbina Kaplan o semi Kaplan

$$C_{Kaplan} = 139318,161 * H^{0,02156} + 0,06371 * Q^{1,45636} + 155227,37 * P^{0,11053} - 302038,27 \quad (24)$$

Un estudio sobre las características del mercado de tecnologías para microgeneración hidroeléctrica realizado por (Gho Barba, 2016), propone una ecuación similar a las definidas por (Cavazzini, Santolin, Pavesi, & Ardizzon, 2016) aunque la diferencia radica en que esta ecuación es única para cualquier tipo de turbina y los parámetros que se involucran en los costos del equipo electromecánico son la altura de la columna de agua disponible (H) y el caudal disponible (Q), estos costos están definidos en dólares (US\$) la ecuación definida por (Gho Barba, 2016) para el equipo electromecánico es la siguiente:

$$C_{EM} = 40.000 * H^{0,53} * Q^{0,75} [+/-10\%] \quad (25)$$

Al realizar los cálculos correspondientes y utilizando los parámetros definidos en la caracterización del caudal y la formula (3), pudimos obtener el potencial de generación eléctrica que se tiene en la piscicultura. Dichos cálculos se resumen en la siguiente tabla:

Tabla 3.10.8-1: cálculo del potencial eléctrico de la piscicultura Molco

parametro	valor	unidad
η	0,9	
ρ	1000	kg/m ³
Q	0,5	m ³ /s
g	9,81	m/s ²
h	2	m
$P_n = \eta\rho Qgh$		
Pn =	8829,00	W
Pn =	8,8290	kW

Fuente: elaboración propia.

Tomando en consideración dicho resultado, utilizaremos estos mismos parámetros para calcular los costos de inversión en equipos electromecánicos para una turbina Kaplan o semi Kaplan con la ecuación (24). Los resultado se resumen en la tabla siguiente:

Tabla 3.10.8-2: inversión en equipos electromecánicos turbina Kaplan

	Euros	Pesos
costo de inversion	31.149	23.817.206

Fuente: Elaboración propia.

Si utilizamos la ecuación (25) los resultados difieren, como se presentan a continuación:

Tabla 3.10.8-3: inversión en equipos electromecánicos para cualquier tipo de turbina

	Dolares	Pesos
costo de inversion	34.342,62	22.343.306,92
/+ 10%	37.776,88	24.577.637,61
/-10%	33.999,19	20.108.976,23

Fuente: Elaboración propia.

Dada la magnitud de la inversión y la poca variación entre los resultados obtenidos de los dos estudios planteados anteriormente, para esta investigación optaremos por analizar los costos en base a lo planteado por (Cavazzini, Santolin, Pavesi, & Ardizzon, 2016).

(Prophet, 2015) plantea que existen otros factores que afectan el costo del proyecto son la ubicación del sistema y si la infraestructura existente del sitio puede adaptarse para hacer uso de las estructuras civiles ya existentes.

(Prophet, 2015) plantea que la actualización de la infraestructura existente puede reducir el costo a la mitad de lo que sería para un desarrollo completamente nuevo y la restauración o actualización de una planta existente puede reducir el costo a un tercio. El uso de la infraestructura existente no solo reduce el costo del proyecto, sino que también puede significar menos impactos ambientales.

En relación a lo anterior y en concordancia con (Zhou & Deng, 2017) los costos asociados de una planta hidroeléctrica de baja altura como la que se está evaluando en este proyecto equivalen al 46% de la inversión inicial, estos costos incluyen obras civiles utilizando la infraestructura ya existente, además de los costos de transmisión de la energía y los costos de ingeniería y aprobaciones. Por otro lado, los costos de operación y mantención varían entre el %1 y el 6% de la inversión inicial anual. De esta forma, los costos totales de inversión en este proyecto se desglosan en la siguiente Tabla.

Tabla 3.10.8-4: Costos de micro planta hidroeléctrica de 8.8 Kw para la piscicultura molco

	costo	
Equipo electro-mecánico	23.817.206	54%
Obras civiles	10.585.425	24%
Transmision	5.292.712	12%
Ingenieria y aprobaciones	4.410.594	10%
COSTO TOTAL	44.105.937	100%
costos de operación y mantencion anual	1.543.708	3,5%

Fuente: elaboración propia

Al analizar los costos y tomando como referencia el costo del Kwh del año 2017 el cual es de 69,2 pesos y estableciendo el supuesto de que la turbina generadora funcionará 23 horas continuas al día, se realizaron los cálculos correspondientes para obtener el ahorro potencial por año tomando en consideración los costos de O y M. en la siguiente tabla se resumen los resultados:

Tabla 3.10.8-5: costos y ahorro potencial micro hidroeléctrica

ALTERNATIVA	micro hidroelectrica
COSTO DE INVERSION	44.105.937
COSTO O Y M	1.543.708
COSTO DEL CAPITAL	12%
AHORRO ANUAL	\$ 5.112.219
VAN	-\$ 45.484.247
CAE	\$ 8.049.991

Fuente: Elaboración propia

Como escenario inicial para este análisis, se utilizó la misma tasa de descuento establecida por la empresa que es un 12%, además se consideró un escenario inicial con un periodo de vida útil de los activos de 10 años, por lo establecido por el SII¹⁹ para los equipos de generación eléctrica. Estos parámetros posteriormente varían en análisis de sensibilidad.

3.10.9 Recambio de luminaria

Una de las opciones para disminuir el consumo eléctrico de la piscicultura, consiste en un analizar la posibilidad de cambio de la luminaria que se utiliza en las instalaciones. Dado que actualmente se utilizan tubos fluorescentes para casi la totalidad de la iluminación del lugar, en esta sección se propone un cambio a luminaria led, que si bien significa una inversión, a largo plazo se

¹⁹ Servicio de impuestos internos (www.sii.cl)

estima que producirá un ahorro en la energía eléctrica aumentando así la eficiencia eléctrica de la piscicultura.

3.10.9.1 Análisis de salas

Para un análisis más detallado analizaremos en primer lugar la iluminación de las salas de cultivo de acuerdo a la potencia instalada.

De acuerdo al funcionamiento de la piscicultura, las salas requieren iluminación constante, es decir las 24 horas del día, sin embargo existen sectores dentro de las salas, donde , en algunos horarios disminuye el consumo por iluminación. Para efectos de cálculos se asume un tiempo de funcionamiento de la iluminación en salas de 23 horas. Las potencias instaladas dentro de las salas se resumen en la siguiente tabla:

Tabla 3.10.9-1: potencia instalada en salas de cultivo

	potencia instalada (kw)
sala 1000	5,5
sala 2000 o recirculacion	18,5
sala 3000	2,9

Fuente: elaboración propia

Para el análisis de iluminación, tomaremos como unidad básica un equipo fluorescente de 36W, la cual se puede reemplazar por un equipo led de similares características las cuales se muestran a continuación para una unidad básica:

Tabla 3.10.9-2 comparación entre iluminación LED y fluorescente

	LED	fluorescente
potencia (W)	18	36
vida útil (horas)	25.000	9.000
intensidad luminica (lum)	1.600	2.400
precio (\$)	\$ 8.990	\$ 1.190
cantidad de equipos	671	671
potencia consumida anual	101.357	202.714
valor potencia consumida anual	\$ 7.013.907	\$ 14.027.813

Fuente: (sodimac, 2018)

3.10.9.2 Análisis de exteriores

A continuación se analiza la iluminación de los exteriores de la piscicultura, es decir, toda la iluminación que esta fuera de las salas, la cual corresponde a alumbrado en zonas abiertas del sector. Consideraremos para este análisis, una utilización de equipos en media jornada, puesto que el alumbrado se mantiene encendido en las horas de oscuridad. Para efectos de cálculos tomaremos 12 horas de oscuridad diarias en promedio anual.

La piscicultura Molco está equipada con un alumbrado que consiste en 16 focos de alta intensidad lumínica para exteriores de los cuales 9 son equipos led de 30 W y los 7 equipos restantes tienen una potencia de 400W cada uno, la propuesta consiste en cambiar todos estos focos, por focos solares autónomos, que funcionen independientes del consumo eléctrico y así lograr un ahorro considerable en el consumo junto al recambio de luminaria led.

Con lo anterior calculamos el costo de inversión inicial y ahorros se muestran el a siguiente tabla.

Tabla 3.10.9-3: Costos de inversión y ahorros en iluminación exterior

	luminaria exterior	
potencia (W)	400	30
cantidad	7	9
Potencia instalada total (w)	2800	270
POTENCIA TOTAL (W)	3070	
CONSUMO PROMEDIO ANUAL (Kw/H)	13446,6	
COSTO DEL CONSUMO (ahorro)	\$	930.505
COSTO DE INVERSION	\$	959.840

Fuente: elaboración propia.

Los focos de exterior considerados a implementar tienen un valor de 59.990 y están bajo la norma IP65²⁰ por lo tanto es adecuado para los requerimientos de exterior, se consideraron los precios publicados en la página web de (sodimac, 2018).

Con los análisis realizados para la luminaria exterior e interior los resultados obtenidos para la inversión total y su ahorro se detallan a continuación.

Tabla 3.10.9-4: costos y ahorro potencial recambio de iluminación

ALTERNATIVA	Recambio de luminaria
COSTO DE INVERSION	\$ 6.989.883
COSTO O Y M	2.410.304
COSTO DEL CAPITAL	12%
AHORRO ANUAL	\$ 7.944.411
VAN	-\$ 9.141.940
CAE	\$ 1.617.979

Fuente: elaboración propia

²⁰ La norma IP65 significa que está protegido contra polvo y contra lluvia,

CAPITULO IV : ANALISIS DE RESULTADOS

4 Opciones para la mejora de la eficiencia energética

En esta sección se definen las opciones propuestas en la investigación, desde un enfoque analítico y crítico, para elaborar una propuesta que relacione la mejor combinación de opciones propuestas para mejorar la eficiencia energética de la piscicultura. Estas opciones son las siguientes:

1. Inversión en condensadores para reducir la potencia reactiva del sistema eléctrico con el fin de hacer más útil la energía consumida de la red.
2. Inversión en bomba de calor
3. Informar sobre las variables que influyen en el consumo de gas, para en un futuro elaborar un plan de control para dichas variables y construir indicadores.
4. Inversión en micro planta hidroeléctrica off grid propia
5. Inversión en planta solar fotovoltaica off grid
6. Inversión en recambio de iluminación.

4.1 Elección de opciones para la mejora en la eficiencia energética.

La elección de las opciones que hará en base a los costos de inversión y a su ahorro potencial. La forma de relacionar estos conceptos es evaluando cada una de las opciones y calculando el índice de costo-eficiencia, en el cual relacionaremos el ahorro que se produce durante un año, con el costo anual efectivo (CAE) que presenta la inversión en alguna de las opciones antes mencionadas, el análisis se hizo en un horizonte de 10 años con un costo de capital de 12%. (costo del capital establecido por la empresa)

El índice costo eficiencia se calculó de la siguiente forma:

$$\text{Costo - Eficiencia} = \frac{\text{ahorro anual}}{\text{CAE}} \quad (26)$$

Los resultados se muestran en la siguiente tabla

Tabla 3.10.9-1: Análisis Costo-eficiencia

ALTERNATIVA	B.C	micro hidroelectrica	Recambio de luminaria	E. fotovoltaica	Condensadores
COSTO DE INVERSION	167.821.000	44.105.937	\$ 6.989.883	2.582.400	359.184
COSTO O Y M	\$ 3.500.000	1.543.708	2.410.304	-	119.728
COSTO DEL CAPITAL	12%	12%	12%	12%	12%
AHORRO ANUAL	\$ 12.859.585	\$ 5.112.219	\$ 7.944.411	\$ 4.258.999	\$ 23.768.583
VAN	-\$ 170.946.000	-\$ 45.484.247	-\$ 9.141.940	-\$ 2.582.400	-\$ 466.084
CAE	\$ 30.254.735	\$ 8.049.991	\$ 1.617.979	\$ 457.044	\$ 82.489
INDICE COSTO-EFICIENCIA	0,43	0,64	4,91	9,32	288,14

Fuente: elaboración propia

Las opciones de inversión están ordenadas de izquierda a derecha desde la que tiene una menor costo-eficiencia a la que tiene mayor costo eficiencia, siendo la mejor opción la de implementar una mejora en los condensadores de la piscicultura y peor es la implementación de la bomba de calor.

Opción 1: La opción de mejorar el banco de condensadores con la implementación de nuevos condensadores que disminuyan el consumo de energía reactiva del sistema es la que tiene mejor relación costo-eficiencia dado el bajo costo de inversión que tiene y el bajo costo anualizado que se genera. Por lo tanto es una muy buena para el mejoramiento de la eficiencia energética de la piscicultura.

Opción 2: Siguiendo con la opción que presenta la segunda mejor relación costo-eficiencia se muestra la implementación de paneles fotovoltaicos para abastecer los requerimientos de energía del centro. Este muestra una diferencia considerable respecto a la primera prioridad, pero es que también es un muy buen desempeño dado que el costo de inversión es relativamente bajo y el CAE que genera también es bajo dado que el costo de O y M es cero o despreciable, es por esto que presenta una inversión que se podría recuperar en un corto o mediano plazo. El análisis de la recuperación de la inversión se muestra en la siguiente sección

Opción 3: La tercera opción con mejor costo-eficiencia es la opción de realizar un recambio de luminaria en la piscicultura, puesto que genera un ahorro anual significativo, respecto a la inversión, y genera un CAE que si bien es mayor que las opciones antes mencionadas permitiría eventualmente recuperar la inversión en un corto o mediano plazo, y desde luego aportaría una disminución del consumo eléctrico.

Opción 4: La opción de la instalación de una micro-central hidroeléctrica, es una gran inversión, que involucra realizar estudios mucho más detallados para una posterior instalación. Sin embargo, basado en los cálculos realizados en esta investigación esta opción presenta una relación costo-eficiencia bastante bajo dada la magnitud de la inversión y el elevado CAE. No obstante es conveniente analizarla a largo plazo, añadiendo que esta inversión traería beneficios cualitativos para la piscicultura, puesto que la energía generada con este tipo de tecnologías está dentro de las ERNC y tiene un bajo y casi nulo impacto sobre el entorno. Para esta opción según los cálculos, conviene realizar una análisis de sensibilidad más acabado para ver la variación del índice costo-eficiencia y saber si en algún escenario es conveniente para la empresa realizar una inversión de esta magnitud.

Opción 5: De acuerdo al índice costo-eficiencia, la opción de implementar una bomba de calor se declinaría, sin embargo se hará un análisis de sensibilidad para establecer en qué condiciones esta opción puede ser económicamente viable.

4.2 Análisis de sensibilidad

A continuación se realizará un análisis de sensibilidad para las diferentes opciones de mejora. Como primer escenario a continuación se presenta un análisis general de 3 combinaciones de variación en el costo del capital y en el periodo de evaluación de las opciones para ver si la variación del índice costo eficiencia de las opciones. Los resultados de este análisis se muestran en detalle en el Anexo 8 los escenarios que se presentan son resumidos en la tabla siguiente.

Tabla 3.10.9-1: Escenarios para el análisis de sensibilidad general

N° escenario	costo del capital	N° periodos
1	10%	5
2	10%	10
3	10%	20
4	12%	5
5	12%	10
6	12%	20
7	14%	5
8	14%	10
9	14%	20

Fuente: elaboración propia

Se estableció hacer variar la tasa de descuento en un 2% para ver los posibles efectos que podría tener una variación de la tasa de descuento en la empresa, en el resultado. También se estableció una variación en el número de periodos a evaluar, puesto que la vida útil de los activos varía y esto podría tener efectos en el ahorro potencial anual.

Del análisis podemos destacar que en todos los escenarios planteados, la inversión en la opción 1,2 y 3 según el orden establecido anteriormente, entregan una relación costo eficiencia mayor a 1, esto nos indica que en un estudio más detallado, tiene mayor probabilidad de tener una buena factibilidad económica. Sin embargo las opciones 4 y 5 nos entregan en todos los escenarios planteados, índices de costo eficiencia menores a 1, lo que nos

indica que el CAE es mayor a los ahorros potenciales anuales que podrían tener estas opciones en todos los escenarios analizados.

4.2.1 Mejora en condensadores

Para esta opción, el análisis de sensibilidad arroja siempre resultados positivos, y un índice costo eficiencia mayor a 1.

En cuanto a la recuperación de la inversión el periodo es de menos de 1 mes, esto lo podemos ver en la Tabla 4.2.3-1.

Sin embargo, esta opción arroja un alto costo-eficiencia respecto a las otras opciones, superando de manera significativa el índice, esto se debe a que en esta investigación, nos basamos únicamente en los costos de los condensadores en sí y en la mantención que estos requieren, es por esto que los costos son muy bajos respecto al ahorro anual que esto conlleva.

4.2.2 Implementación de energía fotovoltaica

Al analizar los diferentes escenarios, la opción 2, al igual que la 1 nos entrega resultados positivos y una relación costo eficiencia mayor a 1 por lo que podemos inferir que es una buena opción para mejorar la eficiencia energética.

El periodo de recuperación de la inversión en el peor escenario será de menos de 1 año, lo que reafirma que bajo un estudio de factibilidad será rentable económicamente.

4.2.3 Recambio de luminaria

La opción de cambiar la luminaria actual de la piscicultura por una mejor tecnología como la iluminación LED y en los exteriores con focos solares, es la tercera opción, y como podemos ver en el análisis de sensibilidad, en todos los escenarios nos entrega un índice de costo-eficiencia mayor a 1. Al igual que en las dos opciones anteriores, esta no deja de ser beneficiosa y sin duda inferimos que puede provocar una mejora en la eficiencia energética.

El PRI de esta opción de inversión es de 1,32 años (Tabla 4.2.3-1)

Tabla 4.2.3-1: PRI opción 1,2,3

opcion	PRI(años)
1	0,02
2	0,74
3	1,32

Fuente: elaboración propia

Para calcular el PRI de las 3 primeras opciones, se hizo en base al escenario N°7 definido en la Tabla 3.10.9-1, dado que es el escenario donde se tiene el mayor costo de capital y el menor número de periodos y por ende es un escenario complejo por que otorga un CAE más alto y un menor ahorro para las opciones, es decir es el “peor escenario”.

4.2.4 Micro central hidroeléctrica

Para esta opción, el índice costo eficiencia siempre es menor a 1, en todos los escenarios se muestra una situación económicamente desfavorable, por lo que basado en los cálculos hechos en este estudio, esta no será económicamente una buena opción, sin embargo, si se lograra reducir los costos de inversión en los equipos electromecánicos, en al menos un 47%, bajo el escenario N° 3 de la Tabla 3.10.9-1, la relación costo eficiencia mejoraría y podríamos recuperar la inversión en un plazo de 10 años aproximadamente. Estos cálculos se resumen en la siguiente tabla.

Tabla 4.2.4-1: escenario favorable para la opción 4

	costo -47%	%
Equipo electro-mecánico	\$ 12.623.119	54%
Obras civiles	\$ 5.610.275	24%
Transmision	\$ 2.805.138	12%
Ingenieria y aprobaciones	\$ 2.337.615	10%
COSTO TOTAL	\$ 23.376.146	100%
costos de operación y mantencion anual	818.165	3,5%
ALTERNATIVA	micro hidroelectrica	
COSTO DE INVERSION	\$ 23.376.146	
COSTO O Y M	818.165	
COSTO DEL CAPITAL	10%	
AHORRO ANUAL	\$ 5.112.219	
N° PERIODOS	20	
VAN	-\$ 24.119.933	
CAE	\$ 2.833.118	
INDICE COSTO-EFICIENCIA	1,80	
PRI	10	

Bajo este escenario, nos convendría considerar esta opción como mejora para la eficiencia energética de la piscicultura. Sin embargo esta opción está sujeta a un análisis de factibilidad en detalle para saber costos exactos y de ser posible un escenario similar al planteado en esta tabla, si se consideraría como una buena opción.

4.2.5 Bombas de calor

Basado en el análisis de sensibilidad general, la opción de implementar bombas de calor para mejorar la eficiencia energética, en todos los escenarios, es desfavorable, puesto que entrega una relación costo eficiencia menor a 1. para que la opción se considere como buena, debemos situarnos en un escenario que sea favorable, para esto deberíamos lograr una reducción de al menos un 66% para lograr una recuperación de la inversión en 10 años, tal como se presenta en la siguiente tabla.

Tabla 4.2.5-1: escenario favorable para la opción de bomba de calor

sector	cantidad	precio (USD)	precio (CLP)
2x2	1	\$ 18.700	\$ 12.211.100
4x4	2	\$ 24.480	\$ 31.970.880
recirculacion	1	\$ 19.720	\$ 12.877.160
CT inversion			\$ 57.059.140
Costo O y M			\$ 3.500.000
ALTERNATIVA			B.C
COSTO DE INVERSION			\$ 57.059.140
COSTO O Y M			\$ 3.500.000
COSTO DEL CAPITAL			10%
AHORRO ANUAL			\$ 12.859.585
N° PERIODOS			20
VAN			-\$ 60.240.958
CAE			\$ 7.075.880
INDICE COSTO-EFICIENCIA			1,82
PRI			10

Fuente. Elaboración propia

4.2.6 Opciones en conjunto

Se realizó un análisis para observar cuales de las opciones 1,2 y 3 conviene considerar en conjunto. El en el Anexo 9 se muestran las diferentes combinaciones y los respectivos cálculos.

Se observa que la opción de considerar las opciones 1 y 2 en conjunto, es la que nos entrega la mejor relación costo-eficiencia = 51,9. Le sigue la alternativa de considerar las opciones 1 y 3 (costo-eficiencia=18,65), seguidas de la alternativa de considerar la implementación de las 3 alternativas en conjunto (costo-eficiencia=16,67).

Las tres combinaciones de opciones mencionadas anteriormente, tienen un PRI menor a un año, lo que las hace altamente probables de ser factibles económicamente.

4.3 Propuesta de mejora de la eficiencia energética

4.3.1 Propuesta cuantitativa

Basado en los datos y análisis obtenidos mediante esta investigación, se elaboró la siguiente propuesta para la mejora de la eficiencia energética:

Realizar una evaluación de proyecto para las opciones 1,2 y 3 mencionadas anteriormente dado que según este estudio, son las opciones más viables para mejorar la eficiencia energética en la piscicultura. Todo esto con el fin de asegurar una correcta implementación futura de estas tres opciones antes mencionadas.

Evaluar la implementación de las 3 opciones juntas, dado que la inversión en conjunto no es tan alta considerando que no hay restricciones de presupuesto y considerando que el PRI es menor a 1 año.

En la siguiente tabla se muestra el resumen de los resultados obtenidos al evaluar las 3 opciones en conjunto.

Tabla 4.3.1-1: Resumen opciones 1,2 y 3

ALTERNATIVA	Opcion 1,2 y 3
COSTO DE INVERSION	\$ 9.931.467
COSTO O Y M	\$ 2.530.032
COSTO DEL CAPITAL	12%
AHORRO ANUAL	\$ 35.971.994
N° PERIODOS	10
VAN	-\$ 12.190.424
CAE	\$ 2.157.512
INDICE COSTO-EFICIENCIA	16,67
PRI	0,29

Fuente: elaboración propia

Podemos ver que al considerar las 3 opciones juntas, y de acuerdo a los datos obtenidos en esta investigación, se podrían obtener ahorros por más de 35 millones de pesos anuales. Lo que reafirma nuestra propuesta de implementar las 3 o alguna de las opciones que se consideran viables.

Para la opción 4 y 5 buscar proveedores que tengan los precios más cercanos a los establecidos en los escenarios favorables para la inversión, junto con reducir al mínimo el costo del capital y considerar estas dos opciones como inversiones a largo plazo. Además se propone realizar un estudio de impacto ambiental para estas opciones y compararlas con el actual impacto ambiental que tiene la piscicultura, puesto que los costos en algún escenario de impacto ambiental podrían estar justificados.

A continuación se muestra una tabla resumen del costo-eficiencia de las opciones.

Tabla 4.3.1-2: Resumen Costo-eficiencia

N° escenario	Costo-eficiencia				
	B.C	micro hidroelectrica	Recambio de luminaria	E. fotovoltaica	Condensadores
1	0,29	0,43	3,28	6,25	192,51
2	0,46	0,69	5,32	10,13	312,05
3	0,64	0,96	7,37	14,04	432,36
4	0,27	0,41	3,13	5,95	183,83
5	0,43	0,64	4,91	9,32	288,14
6	0,56	0,84	6,49	12,32	380,91
7	0,26	0,39	3,00	5,66	175,78
8	0,39	0,59	4,55	8,60	267,08
9	0,50	0,74	5,78	10,92	339,12

Fuente: elaboración propia

Podemos observar que la opción 1,2 y 3 en cualquiera de los escenarios, muestra un buen índice costo-eficiencia (mayor a 1), lo que confirma nuestra propuesta, además observamos que en el escenario 3 (ver Tabla 3.10.9-1), la opción 4 arroja un índice cercano a 1, sin embargo no la consideramos viable por su alto costo de inversión, por lo que adicionalmente se recomienda hacer un análisis más detallado.

4.3.2 Propuesta cualitativa

En la sección 4 del presente capítulo, se presentó la opción de informar sobre las variables que influyen en el consumo de gas, para en un futuro elaborar un plan de control para dichas variables y construir indicadores. En consecuencia con esta opción la propuesta para la piscicultura es la siguiente.

En el sector 2x2 poner énfasis y tratar de disminuir, el set point de la caldera, el caudal de entrada a sala y el número de estanques utilizados dado que son las variables que influyen en el consumo de gas en este sector. En el mismo orden antes mencionadas y de mayor a menor, estas variables tienen una relación directamente proporcional al consumo de gas, es decir el aumento de cualquiera de las tres variables, aumenta el consumo de gas.

En el sector 4x4 poner énfasis y tratar de disminuir, el set point de la caldera, el aporte de T° de la caldera, el caudal de entrada a sala y la biomasa diaria, dado que son las variables que influyen en el consumo de gas en este sector. En el mismo orden antes mencionadas y de mayor a menor, estas variables tienen una relación directamente proporcional al consumo de gas, es decir el aumento de cualquiera de las tres variables, aumenta el consumo de gas.

En el sector recirculación poner énfasis y tratar de disminuir, la temperatura del cuerpo de la caldera y el número de estanques utilizados en sala, dado que son las variables que influyen en el consumo de gas en este sector. En el mismo orden antes mencionadas y de mayor a menor, estas variables tienen una relación directamente proporcional al consumo de gas, es decir el aumento de cualquiera de las tres variables, aumenta el consumo de gas.

CAPITULO V :CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

I. Conclusiones:

➤ Según los cálculos realizados, se consideran viables las opciones 1,2 y 3, la inversión respecto del ahorro y los costos anuales equivalentes, se justifica, siendo la opción 1 la que entrega los mejores resultados.

➤ Las mejores opciones para mejorar la eficiencia energética en base al presente estudio son las opciones 1,2 y 3, los costos de implementación son relativamente bajos tomando en consideración que no existe ninguna restricción de presupuesto en la empresa.

➤ Para la empresa, las opciones del recambio de luminaria, la planta solar fotovoltaica y la micro-central hidroeléctrica, son las más atractivas. No obstante la micro-central hidroeléctrica no se presenta como opción viable económicamente.

II. Recomendaciones:

➤ En base al índice costo-eficiencia y la magnitud de la inversión se recomienda evaluar la factibilidad técnica y económica de las primeras 3 opciones. Sin embargo para concentrar el trabajo, y basándonos en el plan de la hoja de ruta hacia un Chile sustentable establecida por el (Comite consultivo de Energia 2050, 2015), la opción 2 y 3 son las que están más acordes a esta iniciativa.

➤ Respecto a la inversión en una central micro-hidroeléctrica, se considera que existe un potencial que debería ser explotado, sin embargo los costos que están considerados en este estudio, se alejan de lo económicamente viable. Es por esto que se recomienda buscar tecnologías que estén a la vanguardia en este tipo de generación eléctrica, con el fin de lograr un acercamiento a los costos establecidos en el escenario ideal para que el proyecto sea económicamente viable

➤ No se recomienda la implementación de las opciones 4 y 5, sin antes realizar un estudio de impacto ambiental y la evaluación de ambos

proyectos por separado, para obtener una visión global de un proyecto de esta magnitud con el fin de justificar la inversión. Un estudio general podría justificar los altos costos de inversión que se tienen en estas dos opciones.

➤ Para las opciones 4 y 5 se recomienda buscar proveedores que ofrezcan precios cercanos a los establecidos en los escenarios favorables presentados en la Tabla 4.2.4-1 y Tabla 4.2.5-1 respectivamente, para que la inversión sea viable, todo esto para simplificar los cálculos basándose en este estudio.

➤ Para la propuesta cualitativa, se recomienda establecer indicadores para el control de las variables asociadas al consumo de gas, dado que si existiese un control adecuado, se podría reducir los costos asociados al consumo de GLP, que es uno de los grandes costos de la piscicultura.

➤ se debe considerar la opción de establecer un programa de cultura organizacional, que considere la reducción del consumo de gas como calefacción en oficinas y casino, como control de variables que requieran mano de obra, y fomentar normas de ahorro de energía.

➤ Respecto a la instalación de una planta solar fotovoltaica, el potencial es mucho más grande si se considera una superficie mayor a la de este estudio, dado los bajos costos de mantención que presenta un proyecto de este tipo, se recomienda evaluar un proyecto que considere un área de superficie mayor y que pueda abastecer algún sector en particular de la piscicultura. Así, sería un paso para poder ser autosustentable energéticamente.

➤ En síntesis, se puede lograr un ahorro de alrededor de 35 millones de pesos anuales, respecto a la energía eléctrica, implementando las opciones 1,2 y 3. Al realizar el análisis por separado y en conjunto de las 3 opciones, es deber de la empresa escoger, según el presupuesto, la combinación de opciones a implementar en un futuro, pero como recomendación, basado en esta investigación, la alternativa que se recomienda estudiar es la de

implementar las 3 opciones en conjunto, para así lograr un mayor ahorro a largo plazo y obtener una eficiencia energética mayor.

Referencias

- Cavazzini, G., Santolin, A., Pavesi, G., & Ardizzon, G. (6 de march de 2016). Accurate estimation model for small and micro hydropower plants. Padova, Italy.
- CGE. (s.f.). *Tarifas: CGE distribucion*. Obtenido de <http://www.cgedistribucion.cl/informacion-comercial/tarifas-y-procesos-tarifarios/>
- Comite consultivo de Energia 2050. (Septiembre de 2015). Hoja de Ruta 2050, hacia una energia sustentable e inclusiva para chile. Santiago, Chile.
- Facultad de ciencias fisicas y matemáticas universidad de chile. (2012). *explorador de energía eólica*. Obtenido de <http://walker.dgf.uchile.cl/Explorador/Eolico2/>
- Flores, j. I. (2016). Optimizacion energetica del campus beauchef de la universidad de chile. Santiago, Chile.
- Gho Barba, J. (18 de marzo de 2016). caracterizacion del mercado de tecnologias para microgeneracion hidraulica. chile.
- Internacional Energy Agency; OCDE. (2015). Indicadores de eficiencia energética: bases esenciales para el establecimiento de politicas. Paris, Francia.
- Jesam, D. A., Valdés, J. T., & Zañartu, P. T. (2016). Salmonicultura Chilena: analisis de la industria, propuesta de política y estabilización. Santiago, Chile.
- Koonz, H., Weihrich, H., & Cannice, M. (2012). *Administracion, una perspectiva global y empresarial*. Mexico DF: McGraw-Hill.
- Ministerio de Energía. (30 de diciembre de 2015). Energia 2050 Politica Energetica de Chile. Santiago, Chile.

- Panel solar chile. (2017). *Panel solar chile*. Obtenido de <https://panelsolarchile.cl/categoria-producto/paneles-solares/>
- Prophet, R. (4 de 9 de 2015). An investigation into the feasibility of a micro-hydro installation for the guardbridge energy centre as part of a brownfield redevelopment. Reino Unido.
- prospectus consulting. (mayo de 2016). *La salmonicultura en chile: situacion actual y estrategia de desarrollo al 2030*.
- Pulido, H. G., & Salazar, R. d. (2013). *Control estadístico de la calidad y seis sigma*. Mexico, D.F.: Mc Graw Hill.
- RHONA S.A. (2018). *www.rhona.cl*. Obtenido de <https://www.rhona.cl/producto/5078/condensador-trifasico.html>
- sodimac. (2018). *sodimac*. Obtenido de <http://www.sodimac.cl/sodimac-cl/category/scat259946/Tubos-Fluorescentes?No=16&Nrpp=16>
- Universidad de chile. (2008). *explorador solar*. Obtenido de <http://www.minenergia.cl/exploradorsolar/>
- Walpole, R. E., Myers, R. H., Myers, S. L., & Ye, K. (2012). *Probabilidad y Estadística para ingeniería y ciencias*. Naucalpan de Juarez, Mexico: Pearson.
- William H. Hayt, J., Kemmerly, J. E., & Durbin, S. M. (2012). *Análisis de circuitos en ingeniería*. Mexico D.F, Mexico: McGraw-Hill.
- Zhou, D., & Deng, Z. (2017). Ultra Low head hidroelectric technology: a Review. United States.

ANEXOS

Anexo 1: Layout piscicultura Molco

Multiexport Foods

www.multiexportfoods.com



Ubicación Piscicultura Molco
Camino Molco Alto Kilómetro 4.5
Villarica, IX Región

Coordenadas
Longitud : 72 grados, 5 minutos, 49.45 segundos
Latitud : 39 grados, 20 minutos, 25.81 segundos
Datum : WGS84

Anexo 2: Detalle facturación



CGE
 COMPAÑÍA GENERAL DE
 ELECTRICIDAD S.A.
 RUT: 76 411 321 7
 GIRO: Transmisión, transformación
 y distribución de energía eléctrica,
 prestación de servicios administrativos,
 de ingeniería, entre otros, inversiones
 en bienes de capitales mobiliarios
 CASA MATRIZ Av. Presidente Riesco
 5561, Piso 17, Las Condes

Nº de Cliente **2726083**

Fecha de emisión:
30/ABR/2018

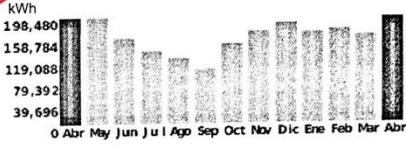
R.U.T.: 76.411.321-7
FACTURA ELECTRÓNICA
 Nº 10211350
 S.I.I.-SANTIAGO ORIENTE

DATOS DEL CLIENTE			DATOS DEL SUMINISTRO		
Sr. (a):	SALMONES MULTIEXPORT S. A.		Dirección:	MOLCO ALTO S/N , VILLARRICA	
Dirección de envío:	MOLCO ALTO S/N , VILLARRICA		Tipo de tarifa contratada:	AT 4.3	
Rut:	79.891.160-0		Sector Tarifario:	Villarrica STxE-18-A	
Giros:	MAYORISTAS DE PRODUCTOS DEL MAR (PESCADO)		Potencia conectada:	199.18	
Dirección Comercial:	MOLCO ALTO S/N PUCON		Subestación:	VILLARRICA 66/23 KV	
			Fecha límite para cambio de tarifa:	01/03/2019	
			Fecha término de tarifa:	31/03/2019	
			Ruta:	G7521002-0004 Var. Corresp.: CWEB	

Potencia activa (kWh)
Potencia reactiva (kVArh)

DETALLE DE LECTURA / CONSUMO E INYECCIÓN						
Período de lec. 28/MAR/2018 - 26/ABR/2018			Posible próx. lec. 26/MAY/2018			
Nº MEDIDOR	PROPIEDAD	LEC. ANT.	LEC. ACT.	CTE.	CONSUMO	UN
84232860	Cliente	193.229	194.862	120	195.960	kWh
84232860	Cliente	73.949	74.536	120	70.440	kVArh

Consumo últimos 13 meses (kWh)



Demanda leída Horas Punta: 321,888 kW Consumo referencia: 11.361 kWh (30 días)
 Demanda máxima leída: 330,888 kW

Anexo 3: detalle de potencias instaladas por sector

CG	SALA ALEVINAJE 1000	potencia KW
1	BOMBAS OXIGENACION 4x4	22,5
2	BOMBA N° 2 ENTRADA FILTRO ROTATORIO	22,0
3	BOMBA N° 1 ADUCCION DE AGUA A	11,0
4	BOMBA N° 2 ADUCCION DE AGUA A	11,0
5	BOMBA N° 3 ADUCCION DE AGUA A	11,0
6	BOMBA RECIRCULACION AGUA PISCINAS LODO	11,0
7	BOMBA OXIGENACION AGUA N°1	7,5
8	BOMBA OXIGENACION AGUA N°2	7,5
9	BOMBA OXIGENACION AGUA N°3	7,5
10	BOMBA N° 1 SALIDA FILTRO ROTATORIO	7,5
11	BOMBA N° 2 SALIDA FILTRO ROTATORIO	7,5
12	BOMBA DE PECES	5,5
13	ILUMINACION SALA 4x4	5,5
14	EQUIPOS DE ALIMENTACION SALA 4x4	3,0
15	BOMBA N° 1 ADUCCION DE AGUA A	2,6
16	BOMBA N° 1 INTERCAMBIO PRIMARIO AGUA USADA	2,2
17	BOMBA N° 2 INTERCAMBIO PRIMARIO AGUA USADA	2,2
18	BOMBA N° 3 INTERCAMBIO PRIMARIO AGUA USADA	2,2
19	BOMBA N° 1 ENTRADA FILTRO ROTATORIO	2,2
20	BOMBA DE RETROLAVADO	1,5
21	FILTRO ROTATORIO N° 1 SALA 2x2	0,6
22	FILTRO ROTATORIO N° 2 SALA 4x4	0,6
23	SELECCIONADORA DE PECES	0,4
25	CENTRAL DE ALIMENTACION	0,3
	TOTAL POTENCIA INSTALADA (KW)	154,9

CG	RECIRCULACION	potencia KW
1	BLOWER 1	22,0
2	BLOWER 2	22,0
3	BLOWER 3	22,0
4	ILUMINACION	18,5
5	BOMBA AGUA SECTOR SELECCIÓN DE PECES	11,0
6	BOMBA RECIRCULACION AGUA Nº1	7,5
7	BOMBA RECIRCULACION AGUA Nº2	7,5
8	BOMBA RECIRCULACION AGUA Nº3	7,5
9	BOMBA RECIRCULACION AGUA Nº4	7,5
10	BOMBA RECIRCULACION AGUA Nº5	7,5
11	BOMBA RECIRCULACION AGUA Nº6	7,5
12	BOMBA RECIRCULACION AGUA Nº7	7,5
13	BOMBA RECIRCULACION AGUA Nº8	7,5
14	BOMBA RECIRCULACION AGUA Nº9	7,5
15	BOMBA RECIRCULACION AGUA Nº10	7,5
16	BOMBA RECIRCULACION AGUA Nº11	7,5
17	BOMBA RECIRCULACION AGUA Nº12	7,5
18	BOMBA RECIRCULACION AGUA Nº13	7,5
19	BLOWER A	5,5
20	BLOWER B	5,5
21	BOMBA LODO 1	5,5
22	BOMBA LODO 2	5,5
23	BLOWER ALTA 1	5,5
24	BLOWER ALTA 2	5,5
25	BLOWER ALTA 3	5,5
26	BOMBA DE PECES	5,5
27	BOMBA DE ALTA PRESION SPRAY Nº1	2,2
28	BOMBA DE ALTA PRESION SPRAY Nº2	2,2
29	BOMBA WASTE WATER	2,2
30	BOMBA INGRESO DE AGUA FRESCA	2,2
31	BOMBA DE RETROLAVADO INTER. RECIRCULACION	1,5
32	BOMBA DE RECIRCULACION CIRCUITO PRIMARIO DE CALDERA	1,5
33	BOMBA LAVADO DE PISOS SALAS	1,5
34	ESCLUSA A	1,1
35	ESCLUSA B	1,1
36	FILTRO ROTATORIO Nº1	0,6
37	FILTRO ROTATORIO Nº2	0,6
38	TORNILLO A1	0,4
39	TORNILLO A2	0,4
40	TORNILLO A3	0,4
41	TORNILLO A4	0,4
42	TORNILLO B1	0,4
43	TORNILLO B2	0,4
44	TORNILLO B3	0,4
45	TORNILLO B4	0,4
46	REVOLVER ARENA SISTEMA A	0,4
47	REVOLVER ARENA SISTEMA B	0,4
48	PC ARENA	0,3
	TOTAL POTENCIA INSTALADA (KW)	257,6

CG	SALA 3000	potencia KW
1	BOMBA N°1	7,5
2	BOMBA N°2	7,5
3	BOMBA N°3	7,5
4	BOMBA N°4	7,5
5	BOMBA N°5	7,5
6	ILUMINACION SALA 3000	2,9
	TOTAL POTENCIA INSTALADA (KW)	40,4

CG	EXT	potencia KW
1	BOMBA LIMPIEZA DE FILTROS ESTANQUES	7,50
2	ILUMINACION	6,95
3	FILTROS UV	4,30
4	BOMBA ELEVADORA AGUA CONSUMO	0,74
5	FILTRO ROTATORIO POZO DISTRIBUCION	0,55
6	SELECCIÓN DE PECES	0,37
7	SELECCIONADORA DE PECES	0,37
8	SELECCIONADORA DE PECES	0,37
9	CONTADORA DE PECES	0,30
10	CONTADORA DE PECES	0,30
11	BOMBA DOSIFICADORA DE CLORO AGUA DE CONSUMO	0,04
12	BOMBA DOSIFICADORA DE SILICATO	0,02
	TOTAL POTENCIA INSTALADA (KW)	21,8

CG	PLANTA DE RILES	potencia KW
1	COMPRESOR	11,0
2	BOMBA AGITADORA EQUALIZADOR	9,0
3	BOMBA AGITADORA EQUALIZADOR	7,0
4	BOMBA DE ENSILAJE	3,1
5	ROTOFILTRO	2,2
6	BOMBA SPRAY ROTOFILTRO	1,5
7	BOMBA ELEVADORA A PROCESO	1,5
8	ILUMINACIÓN	1,5
9	BOMBA ELEVADORA ROTOFILTRO	0,6
	TOTAL POTENCIA INSTALADA (KW)	37,3

CG	CASINO Y OFICINA	potencia KW
1	PC 1	1,2
2	PC 2	1,2
3	HERVIDOR	0,3
4	MANTENEDOR DE AGUA	0,3
5	ILUMINACIÓN	1,0
6	REFRIGERADOR	0,3
7	HELADERA	0,3
8	VITRINA	0,3
9	EXTRACTORES	0,3
10	MICROONDAS	0,3
	TOTAL POTENCIA INSTALADA (KW)	5,5

Anexo 4: variables medidas por sector

NOVIEMBRE 2017 - MAYO 2018
Presion de trabajo de caldera
Revison valvula de seguridad (bar)
Temperatura cuerpo Caldera (°C)
SP CALDERA (Temperatura requerida)
ENTRADA LIMPIA (AGUA VERTIENTE)
RECUP. INTERCAMB.
Porcentaje de Recuperación
Porcentaje Optimo de recuperación
SALIDA LIMPIA (agua hacia caldera)
APORTE CALDERA
ENTRADA USADA (T° cultivo)
Agua salida de intercambiador caldera
CALDERA consumo m3
Consumo diario m3
CONSUMO GAS LT.
CAUDAL DE ENTRADA A SALA (M3/H)
CAUDAL DE DISEÑO M3/H
PRESION DE TRABAJO BOMBAS
NUMERO ESTANQUES UTILIZADOS
BIOMASA DIA (KG)
DENSIDAD(KG/M3)
ALIMENTO ENTREGADO (KG)
LITROS DE AGUA VERSUS KILO DE PECES
LITROS DE GAS VERSUS KILOS DE PECES

Variables medidas en sector 2x2

NOVIEMBRE 2017 - MAYO 2018
Presion de trabajo de caldera(bar)
Revision valvula de seguridad
Temperatura cuerpo caldera (°C)
SP CALDERA (Temperatura requerida)
ENTRADA LIMPIA (AGUA VERTIENTE)
RECUP. INTERCAMB.
Porcentaje Recuperación
Porcentaje optimo de recuperación
SALIDA LIMPIA (agua hacia caldera)
APORTE CALDERA
ENTRADA USADA (T° cultivo)
Agua salida de intercambiador primario caldera 1
Agua salida de intercambiador primario caldera 2
CALDERA N°1 (avance consumo)
CALDERA N°2 (avance consumo)
CONSUMO DIARIO (caldera N°1)
CONSUMO DIARIO (caldera N°2)
CONSUMO GAS LT.
CAUDAL DE ENTRADA A SALA (M3/H)
CAUDAL DE DISEÑO M3/H
PRESION DE TRABAJO BOMBAS
NUMERO DE ESTANQUES EN SALA
BIOMASA DIA (KG)
DENSIDAD (KG/M3)
ALIMENTO ENTREGADO (KG)
LITROS DE AGUA VERSUS KILO DE PECES
LITROS DE GAS VERSUS KILOS DE PECES

Variables medidas en sector 4x4

NOVIEMBRE 2017 - MAYO 2018
Presion de trabajo de caldera (bar)
Revisión válvula de seguridad (bar)
Temperatura cuerpo Caldera (°C)
SP CALDERA (Temperatura requerida)
% de Gas
Ingresos
Saldo
Total Dia
CONSUMO GAS LT.
NUMERO DE ESTANQUES EN SALA
VOLUMEN ESTANQUES SALA 2000 (M3)
BIOMASA DIA (KG)
ALIMENTO ENTREGADO (KG)
LITROS DE AGUA VERSUS KILO DE PECES
LITROS DE GAS VERSUS KILOS DE PECES

Variables medidas en sector recirculación

Anexo 5: parámetros establecidos para simulación de potencia eólica

REPORTES

Utilice esta herramienta para definir el contenido del informe sobre el recurso eólico en el sitio seleccionado

UBICACION:

Latitud

Longitud

ALTURA:

5.5m 16m 26m 37m

47m 57m 68m 78m

95m 125m 168m 224m

Estas alturas son APROXIMADAS. Para saber la altura exacta de un punto específico, utilice el VISOR.

VARIABLE A ANALIZAR:

Viento:

Potencia Aerogenerador:

ESTIMACION LARGO PLAZO:

No-incluir:

Incluir:

(puede demorar hasta dos minutos)

Anexo 7: detalles de los costos de implementación de bomba de calor

sector	Q requerido (Kw)	Q bomba calor (Kw)	Modelo	cantidad	precio (USD)	precio (CLP)
2x2	407	411,8	2370v	1	\$ 55.000	\$ 35.915.000
4x4	1.240	675,7	2600v	2	\$ 72.000	\$ 94.032.000
recirculacion	581	594,1	2530v	1	\$ 58.000	\$ 37.874.000
					CT inversion	\$ 167.821.000
					Costo O y M	\$ 3.500.000
sector	Modelo	potencia nominal (Kw)	cantidad	consumo mensual (kWh)	precio Kw	costo consumo mensual
2x2	2370v	113	1	40.680	\$ 69,2	\$ 2.815.056
4x4	2600v	172	2	248.112	\$ 69,2	\$ 17.169.350
recirculacion	2530v	154	1	55.368	\$ 69,2	\$ 3.831.466
					CT mensual	\$ 23.815.872

Anexo 8: Analisis de sensibilidad general

ALTERNATIVA	B.C	micro hidroelectrica	Recambio de luminaria	E. fotovoltaica	Condensadores
COSTO DE INVERSION	167.821.000	44.105.937	\$ 6.989.883	2.582.400	359.184
COSTO O Y M	\$ 3.500.000	1.543.708	2.410.304	-	119.728
COSTO DEL CAPITAL	10%	10%	10%	10%	10%
AHORRO ANUAL	\$ 12.859.585	\$ 5.112.219	\$ 7.944.411	\$ 4.258.999	\$ 23.768.583
N° PERIODOS	5	5	5	5	5
VAN	-\$ 171.002.818	-\$ 45.509.307	-\$ 9.181.068	-\$ 2.582.400	-\$ 468.028
CAE	\$ 45.110.113	\$ 12.005.241	\$ 2.421.943	\$ 681.231	\$ 123.465
INDICE COSTO-EFICIENCIA	0,29	0,43	3,28	6,25	192,51
ALTERNATIVA	B.C	micro hidroelectrica	Recambio de luminaria	E. fotovoltaica	Condensadores
COSTO DE INVERSION	167.821.000	44.105.937	\$ 6.989.883	2.582.400	359.184
COSTO O Y M	\$ 3.500.000	1.543.708	2.410.304	-	119.728
COSTO DEL CAPITAL	10%	10%	10%	10%	10%
AHORRO ANUAL	\$ 12.859.585	\$ 5.112.219	\$ 7.944.411	\$ 4.258.999	\$ 23.768.583
N° PERIODOS	10	10	10	10	10
VAN	-\$ 171.002.818	-\$ 45.509.307	-\$ 9.181.068	-\$ 2.582.400	-\$ 468.028
CAE	\$ 27.829.921	\$ 7.406.430	\$ 1.494.177	\$ 420.274	\$ 76.169
INDICE COSTO-EFICIENCIA	0,46	0,69	5,32	10,13	312,05
ALTERNATIVA	B.C	micro hidroelectrica	Recambio de luminaria	E. fotovoltaica	Condensadores
COSTO DE INVERSION	167.821.000	44.105.937	\$ 6.989.883	2.582.400	359.184
COSTO O Y M	\$ 3.500.000	1.543.708	2.410.304	-	119.728
COSTO DEL CAPITAL	10%	10%	10%	10%	10%
AHORRO ANUAL	\$ 12.859.585	\$ 5.112.219	\$ 7.944.411	\$ 4.258.999	\$ 23.768.583
N° PERIODOS	20	20	20	20	20
VAN	-\$ 171.002.818	-\$ 45.509.307	-\$ 9.181.068	-\$ 2.582.400	-\$ 468.028
CAE	\$ 20.085.927	\$ 5.345.506	\$ 1.078.405	\$ 303.328	\$ 54.974
INDICE COSTO-EFICIENCIA	0,64	0,96	7,37	14,04	432,36

ALTERNATIVA	B.C	micro hidroelectrica	Recambio de luminaria	E. fotovoltaica	Condensadores
COSTO DE INVERSION	167.821.000	44.105.937	\$ 6.989.883	2.582.400	359.184
COSTO O Y M	\$ 3.500.000	1.543.708	2.410.304	-	119.728
COSTO DEL CAPITAL	12%	12%	12%	12%	12%
AHORRO ANUAL	\$ 12.859.585	\$ 5.112.219	\$ 7.944.411	\$ 4.258.999	\$ 23.768.583
N° PERIODOS	5	5	5	5	5
VAN	-\$ 170.946.000	-\$ 45.484.247	-\$ 9.141.940	-\$ 2.582.400	-\$ 466.084
CAE	\$ 47.422.084	\$ 12.617.773	\$ 2.536.063	\$ 716.383	\$ 129.296
INDICE COSTO-EFICIENCIA	0,27	0,41	3,13	5,95	183,83
ALTERNATIVA	B.C	micro hidroelectrica	Recambio de luminaria	E. fotovoltaica	Condensadores
COSTO DE INVERSION	167.821.000	44.105.937	\$ 6.989.883	2.582.400	359.184
COSTO O Y M	\$ 3.500.000	1.543.708	2.410.304	-	119.728
COSTO DEL CAPITAL	12%	12%	12%	12%	12%
AHORRO ANUAL	\$ 12.859.585	\$ 5.112.219	\$ 7.944.411	\$ 4.258.999	\$ 23.768.583
N° PERIODOS	10	10	10	10	10
VAN	-\$ 170.946.000	-\$ 45.484.247	-\$ 9.141.940	-\$ 2.582.400	-\$ 466.084
CAE	\$ 30.254.735	\$ 8.049.991	\$ 1.617.979	\$ 457.044	\$ 82.489
INDICE COSTO-EFICIENCIA	0,43	0,64	4,91	9,32	288,14
ALTERNATIVA	B.C	micro hidroelectrica	Recambio de luminaria	E. fotovoltaica	Condensadores
COSTO DE INVERSION	167.821.000	44.105.937	\$ 6.989.883	2.582.400	359.184
COSTO O Y M	\$ 3.500.000	1.543.708	2.410.304	-	119.728
COSTO DEL CAPITAL	12%	12%	12%	12%	12%
AHORRO ANUAL	\$ 12.859.585	\$ 5.112.219	\$ 7.944.411	\$ 4.258.999	\$ 23.768.583
N° PERIODOS	20	20	20	20	20
VAN	-\$ 170.946.000	-\$ 45.484.247	-\$ 9.141.940	-\$ 2.582.400	-\$ 466.084
CAE	\$ 22.886.042	\$ 6.089.376	\$ 1.223.912	\$ 345.729	\$ 62.399
INDICE COSTO-EFICIENCIA	0,56	0,84	6,49	12,32	380,91

ALTERNATIVA	B.C	micro hidroelectrica	Recambio de luminaria	E. fotovoltaica	Condensadores
COSTO DE INVERSION	167.821.000	44.105.937	\$ 6.989.883	2.582.400	359.184
COSTO O Y M	\$ 3.500.000	1.543.708	2.410.304	-	119.728
COSTO DEL CAPITAL	14%	14%	14%	14%	14%
AHORRO ANUAL	\$ 12.859.585	\$ 5.112.219	\$ 7.944.411	\$ 4.258.999	\$ 23.768.583
N° PERIODOS	5	5	5	5	5
VAN	-\$ 170.891.175	-\$ 45.460.066	-\$ 9.104.185	-\$ 2.582.400	-\$ 464.209
CAE	\$ 49.777.788	\$ 13.241.769	\$ 2.651.899	\$ 752.211	\$ 135.216
INDICE COSTO-EFICIENCIA	0,26	0,39	3,00	5,66	175,78
ALTERNATIVA	B.C	micro hidroelectrica	Recambio de luminaria	E. fotovoltaica	Condensadores
COSTO DE INVERSION	167.821.000	44.105.937	\$ 6.989.883	2.582.400	359.184
COSTO O Y M	\$ 3.500.000	1.543.708	2.410.304	-	119.728
COSTO DEL CAPITAL	14%	14%	14%	14%	14%
AHORRO ANUAL	\$ 12.859.585	\$ 5.112.219	\$ 7.944.411	\$ 4.258.999	\$ 23.768.583
N° PERIODOS	10	10	10	10	10
VAN	-\$ 170.891.175	-\$ 45.460.066	-\$ 9.104.185	-\$ 2.582.400	-\$ 464.209
CAE	\$ 32.762.152	\$ 8.715.310	\$ 1.745.395	\$ 495.081	\$ 88.995
INDICE COSTO-EFICIENCIA	0,39	0,59	4,55	8,60	267,08
ALTERNATIVA	B.C	micro hidroelectrica	Recambio de luminaria	E. fotovoltaica	Condensadores
COSTO DE INVERSION	167.821.000	44.105.937	\$ 6.989.883	2.582.400	359.184
COSTO O Y M	\$ 3.500.000	1.543.708	2.410.304	-	119.728
COSTO DEL CAPITAL	14%	14%	14%	14%	14%
AHORRO ANUAL	\$ 12.859.585	\$ 5.112.219	\$ 7.944.411	\$ 4.258.999	\$ 23.768.583
N° PERIODOS	20	20	20	20	20
VAN	-\$ 170.891.175	-\$ 45.460.066	-\$ 9.104.185	-\$ 2.582.400	-\$ 464.209
CAE	\$ 25.802.175	\$ 6.863.834	\$ 1.374.604	\$ 389.906	\$ 70.089
INDICE COSTO-EFICIENCIA	0,50	0,74	5,78	10,92	339,12

Anexo 9: combinaciones de opciones para análisis de inversión

ALTERNATIVA	Recambio de luminaria	E. fotovoltaica	Condensadores	3 opciones
COSTO DE INVERSION	\$ 6.989.883	\$ 2.582.400	\$ 359.184	\$ 9.931.467
COSTO O Y M	\$ 2.410.304	\$ -	\$ 119.728	\$ 2.530.032
COSTO DEL CAPITAL	12%	12%	12%	12%
AHORRO ANUAL	\$ 7.944.411	\$ 4.258.999	\$ 23.768.583	\$ 35.971.994
N° PERIODOS	10	10	10	10
VAN	-\$ 9.141.940	-\$ 2.582.400	-\$ 466.084	-\$ 12.190.424
CAE	\$ 1.617.979	\$ 457.044	\$ 82.489	\$ 2.157.512
INDICE COSTO-EFICIENCIA	4,91	9,32	288,14	16,67
PRI	1,1	0,68	0,015	0,29
ALTERNATIVA	Recambio de luminaria	E. fotovoltaica	2 y 3	
COSTO DE INVERSION	\$ 6.989.883	\$ 2.582.400	\$ 9.572.283	
COSTO O Y M	\$ 2.410.304	\$ -	\$ 2.410.304	
COSTO DEL CAPITAL	12%	12%	12%	
AHORRO ANUAL	\$ 7.944.411	\$ 4.258.999	\$ 12.203.411	
N° PERIODOS	10	10	10	
VAN	-\$ 9.141.940	-\$ 2.582.400	-\$ 11.724.340	
CAE	\$ 1.617.979	\$ 457.044	\$ 2.075.023	
INDICE COSTO-EFICIENCIA	4,91	9,32	5,88	
PRI	1,1	0,68	0,95	
ALTERNATIVA	Recambio de luminaria	Condensadores	1 y 3	
COSTO DE INVERSION	\$ 6.989.883	\$ 359.184	\$ 7.349.067	
COSTO O Y M	\$ 2.410.304	\$ 119.728	\$ 2.530.032	
COSTO DEL CAPITAL	12%	12%	12%	
AHORRO ANUAL	\$ 7.944.411	\$ 23.768.583	\$ 31.712.994	
N° PERIODOS	10	10	10	
VAN	-\$ 9.141.940	-\$ 466.084	-\$ 9.608.024	
CAE	\$ 1.617.979	\$ 82.489	\$ 1.700.468	
INDICE COSTO-EFICIENCIA	4,91	288,14	18,65	
PRI	1,1	0,015	0,24	
ALTERNATIVA	E. fotovoltaica	Condensadores	1 y 2	
COSTO DE INVERSION	\$ 2.582.400	\$ 359.184	\$ 2.941.584	
COSTO O Y M	\$ -	\$ 119.728	\$ 119.728	
COSTO DEL CAPITAL	12%	12%	12%	
AHORRO ANUAL	\$ 4.258.999	\$ 23.768.583	\$ 28.027.582	
N° PERIODOS	10	10	10	
VAN	-\$ 2.582.400	-\$ 466.084	-\$ 3.048.484	
CAE	\$ 457.044	\$ 82.489	\$ 539.533	
INDICE COSTO-EFICIENCIA	9,32	288,14	51,95	
PRI	0,68	0,015	0,11	

