UNIVERSIDAD TÉCNICA FEDERICO SANTA MARÍA
DEPARTAMENTO DE INDUSTRIAS
SANTIAGO - CHILE

DISEÑO DE UN SISTEMA DE GESTIÓN DE LA ENERGÍA PARA CENTROS DE SALUD DE LA MUNICIPALIDAD DE PROVIDENCIA BASADOS EN LA NORMA ISO 50001:2011

ÁLVARO IGNACIO TORRES MENDOZA

MEMORIA PARA OPTAR AL TÍTULO DE
INGENIERO CIVIL INDUSTRIAL

PROFESOR GUÍA	:	SR. FRANCISCO DALL'ORSO LEÓN
PROFESOR CORREFERENTE	:	SRA. MARÍA PILAR GÁRATE CHATEAU

ABRIL 2020

A Jesucristo, salvador de todos los hombres y mujeres del mundo.

AGRADECIMIENTOS

La verdad lo que más tengo son agradecimientos en lo que respecta a esta memoria, espero que no se me escape ninguno.

Primero y más importante, agradezco a Dios y su hijo Jesucristo por permitirme poder estudiar el universo y la dinámica de la resolución de problemas de negocios, físicos y matemáticos a través de la ingeniería, por darme las fuerzas para no decaer en los momentos en que se puso cuesta arriba la carrera / vida y por darle sentido a mi existencia con su misericordiosa promesa de vida eterna.

En segundo lugar, a toda mi familia (toda la calle Las Higueras de El Bosque, la familia Mendoza Aravena y la familia Yáñez Pino). A Mamá por su cariñosa forma de entregar con vocación social su trabajo y compañia; Yaya, por ser mi principal mentora a la hora de estudiar, por hacerme entender mejor el proceso universitario e inculcarme discplina; y a mi polola, Javiera, por su apoyo incondicional, hermosos momentos y todo lo que me ha enseñado de ingeniería y de la vida, gracias por esas revisiones a este trabajo. A todos ellos, deseo que sepan que fueron fuertes pilares en la construcción de este trabajo y que sin su amor y consejos probablemente no habría llegado a su conclusión.

Tercero a mis amigos, tanto de la escuela de ingeniería como de la vida, los que hicieron soportable (e incluso divertido y fascinante) este proceso de aprendizaje desde el colegio hasta la universidad. A ustedes: Chalo, Mafú, Hernán, Charli, Correa, Nico, Morales (over 8000), Feña, Cilley (Nolley), Bárbiquiu, Rammsy (Rammno), Mario, Naiko, Cortis, Juanan, Sole y Nacho O.

Cuarto, a mis docentes y mentores profesionales, quienes han generado interés en las materias de ingeniería y han logrado que el trabajo realizado haya tenido resultados tangibles: Francisco Dall'Orso, Jaime Rubín de Celis, Claudio Tapia, Tomás Egaña, José Domingo Muñoz, Constanza Arenas y Erik Valencia.

A ti papá, Jaime Torres Opazo, todo mi agradecimiento y amor. Gracias por enseñarme la maravilla del universo y por formarme como ingeniero, por ti lo soy y por ti también encontré un propósito en esta profesión. Una oración al cielo, donde espero podamos encontrarnos en la vida eterna.

Álvaro Torres Mendoza

Santiago,

12 de abril de 2020, Pascua de Resurrección.

RESUMEN EJECUTIVO

La preocupación en la sociedad por la degradación del medio ambiente y el cambio climático debido al **crecimiento de 36 % del consumo de energía en los últimos 25 años** [1] ha aumentado y es sustentada en las **evidencias observadas sobre la relación positiva entre consumo energético, emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) y temperatura media de la atmósfera**. Líderes organizacionales y políticos han puesto el énfasis en las consecuencias y riesgos a los que están expuestos los países, empresas, el sistema financiero y la economía global, principalmente poner en peligro la seguridad alimentaria y el hábitat humano. Lo anterior ha llevado a que gobiernos y organizaciones hayan emprendido acciones para abordar este tema de forma coordinada [2] ante una posible pérdida de billones de dólares y de millones de vidas [3].

Dado lo anterior, la civilización se ve enfrentada a un desafío dual: (i) satisfacer la demanda energética de una industria en rápido desarrollo, y (ii) disminuir la emisión de GEI. En esta línea, la implementación de sistemas de gestión de energía y proyectos relacionados emergen como los principales instrumentos para superar el desafío, debido a su potencial para reducción del consumo energético, equivalente hasta un **40 % del consumo de energía primaria en el mundo** sin sacrificar el desempeño productivo (más que cualquier otra tecnología energética) [4].

Los Sistemas de Gestión de la Energía (SGEn) son el conjunto de elementos organizacionales conectados que logran implementar una política energética, reducir el consumo, aumentar la eficiencia y establecer beneficios económicos para que la energía sea considerada dentro de los objetivos estratégicos del negocio.

El alcance del SGEn diseñado contempla tres Centros de Salud Familiar de la comuna de Providencia (CESFAM Alessandri, CESFAM Leng y CESFAM El Aguilucho) y su diseño está basado en dos instrumentos metodológicos: (i) un análisis de brechas que responde a la pregunta ¿cómo está la gestión actual respecto a la norma ISO 50001? y, (ii) una revisión energética que define el perfil cuantitativo de uso, consumo y oportunidades de mejora en energía.

Respecto al análisis de brechas, los resultados obtenidos muestran que **ninguno de los centros cumple en más de 20 % algún requisito**, destacándose el hecho de que no presentan planificación alguna respecto al desempeño energético. Sin embargo, la Alta Dirección comparte la importancia de mejorar el desempeño, aunque lo han representado únicamente a través de inversión en iluminación de bajo consumo.

Los resultados de la revisión energética muestran que los Centros consumen más electricidad que gas **(67.737.571 CLP y 565.644 kWh versus 6.469.731 CLP y 109.091 kWh)**, exhiben **consumos peak en invierno (Leng y Alessandi en julio mientras El Aguilucho en junio)** y el principal uso significativo de energía (USEn) es la climatización (**50,30 % en Leng, 39,80 % en Alessandri y 33,50 % en El Aguilucho**) por delante de las TICs (en 3 centros), Calefacción de agua caliente sanitaria (en 2 centros, CESFAM Alessandri y El Aguilucho) e iluminación (1 centro, CESFAM Leng).

Debido a lo anterior, el diseño presentado pone foco en (i) **la concientización y educación** de todo empleado en tópicos de desempeño energético y elementos técnicos referentes a los USEn; (ii) **definición de roles** encargados de la ejecución del SGEn que sean especialistas en los USEn; (iii) **promover la implementación de nuevas tecnologías y mejores hábitos de consumo** (especialmente en climatización, TICs y calefacción de agua), y; (iv) **abarcar los puntos anteriores en compromisos dentro de la política energética y procedimientos para su cumplimento**, según la norma.

Finalemente, se evalúa económicamente dos planes de acción energética. Respecto al cambio de equipos HVAC se obtiene **VAN = 2.126.940 CLP, TIR = 14,80 % y Payback = 5 años** y en la implementación de paneles fotovoltaicos **VAN = 38.970.623 CLP, TIR = 18,08 % y Payback = 5 años**.

[1] BP, *BP Statistical Review of World Energy* (2018)
[2] Management Solutions. *Managing climate change risks* (2020)
[3] McKinsey and Company. *Climate risk and response: Physical hazards and socioeconomic impacts* (2020)
[4] ídem 1.

ABSTRACT

Society's concerns about environmental degradation and climate change caused by **an increase of 36 % of energy consumption on the last 25 years** [5] has grown sustained on the evidence of **positive correlation between energy consumption, greenhouse gases (GHG) emissions and atmospheric mean temperature**. Organizational and political leaders are focused on the negative impact and the risks which countries, businesses, stock exchange systems and the whole global economy are exposed, most notably on the risks about food security and human habitat loss. Thus, governments and organizations has taken coordinate actions [6] in other to save trillions of dollars and millions of lives [7].

Given this context, civilization it's on a dual challenge: (i) satisfy industry's growing energy demand and (ii) reduce the GHG emissions. Energy Management Systems (EnMS) has emerged as the most efficient and effective way to deal with this challenge due to it's **energy consumption reduction potential of almost 40 % of primary energy of the world**, more than any other energy-related technology [8].

EnMS's are the set of organization's connected elements, which implement an energy policy, reduce consumption, increase efficiency and establish economical profit in order to put energy in the business agenda and strategy.

This EnMS scope is three medical centres (Alessandri, Leng and El Aguilucho) and it's design is based on two methodological instruments: (i) gap analysis, focused on obtain the differences between present energy management on the scope of the EnMS and ISO 50001 full compliance of requirements and (ii) energy review, a method to analyse energy use and consumption based on measurement and other organizational data in order to define improvements.

Gap analysis results show that **none of the centres accomplishes more than 20 % of any ISO 50001 requirements**, but the top management is aware of the relevance of energy performance and it's improvement even though there is no energy planning or consumption tracking. This awareness is shown specifically on LED light bulbs investments.

Energy review process shows that the centres consume more electricity than gas (**67.737.571 CLP y 565.644 kWh versus 6.469.731 CLP y 109.091 kWh**) have consumption peaks in winter and the most significant energy use (SEnU) is air conditioning (**Leng: 50,30 %, Alessandri: 39,80 % and El Aguilucho: 33,50 %**) followed by ITCs, domestic water heating and illumination.

Thus, this EnMS design it's focused on: (i) **collaborator's awareness and education** about energy performance and SEnUs technical topics (ii) **create energy managers profile** to guarantee the attraction of candidates who are SEnUs specialists, (iii) **promote investment in new technologies and better consumption habits** (specially on air conditioning, ITCs and domestic water heating) and (iv) **resume the last three points in the energy policy and define processes for requirements compliance**.

Finally, 2 energy management action plans where economically assessed. First, HVAC equipment replacemnt obtained an **NPV = 2.126.940 CLP, IRR = 14,80 % and Payback = 5 years** and second, PV panel implementation obtained **NPV = 38.970.623 CLP, IRR = 18,08 % and Payback = 5 years**.

[5] BP, *BP Statistical Review of World Energy* (2018)
[6] Management Solutions. *Managing climate change risks* (2020)
[7] McKinsey and Company. *Climate risk and response: Physical hazards and socioeconomic impacts* (2020)
[8] ibid. 5

Índice de Contenidos

1. INTRODUCCIÓN **1**
1.1. Conceptos Previos . . . 1
1.2. Presentación y Justificación . . . 3
1.3. Problema de Investigación . . . 5
1.4. Objetivos . . . 7
1.4.1. Objetivo General . . . 7
1.4.2. Objetivos Específicos . . . 7
1.5. Alcance . . . 7

2. ANTECEDENTES **9**
2.1. Contexto . . . 9
2.1.1. Contexto energético internacional . . . 9
2.1.1.1. Contexto tecnológico mundial . . . 9
2.1.1.2. Consumo energético mundial . . . 10
2.1.1.3. Desafíos energéticos actuales . . . 11
2.1.1.4. Nuevas tecnologías energéticas . . . 13
2.1.1.5. Acciones actuales contra el cambio climático y desabastecimiento energético: ERNC y eficiencia energética . . . 14
2.1.2. Contexto energético en Chile . . . 17
2.1.2.1. Indicadores de consumo globales . . . 17
2.1.2.2. Matriz energética nacional . . . 18
2.1.2.3. Eficiencia energética y ERNC en Chile . . . 20
2.1.3. Contexto energético del sector salud en Chile . . . 22
2.1.3.1. Ruta energética del Ministerio de Energía de Chile 2018-2022 . . . 22
2.1.3.2. PEEEP: Programa de Eficiencia Energética de Edificios Públicos . . . 23
2.1.3.3. Red Global de Hospitales Verdes de la Organzación Salud sin Daño . . . 23
2.1.3.4. Medidas de eficiencia energética e implementación de ERNC en el sector de salud público de Chile . . . 23
2.1.3.5. Medidas de eficiencia energética e implementación de ERNC en el sector de salud privado de Chile . . . 25
2.1.4. Rol de una municipalidad en la gestión de centros de salud y energía: El caso de la Municipalidad de Providencia . . . 25
2.1.4.1. Ley Orgánica Constitucional de Municipalidades. . . . 26
2.1.4.2. Misión municipal, lineamientos estratégicos y acciones en gestión energética 27
2.1.4.3. Organizaciones municipales que gestionan la salud. . . . 30
2.1.4.4. Organigrama y tipos de centros que administran las municipalidades. . . . 31
2.1.4.5. Relación con el Ministerio de Salud . . . 32
2.2. Marco Teórico . . . 32
2.2.1. Eficiencia energética . . . 32
2.2.1.1. Definiciones . . . 32
2.2.1.2. Normativas . . . 34

2.2.1.3. ¿Por qué ISO 50001? . . . 34
2.2.2. ISO 50001 . . . 35
2.2.2.1. Definiciones . . . 35
2.2.2.2. Mejora continua . . . 37
2.2.2.3. Integración con otros sistemas de gestión ISO . . . 38
2.2.2.4. Requisitos . . . 39
2.2.2.5. Guías de implementación . . . 41
2.2.2.6. Requistos a implementar . . . 41
2.2.3. Diseño de un Sistema de Gestión de la Energía . . . 43
2.2.4. Revisión energética . . . 44
2.2.4.1. Definiciones . . . 44
2.2.4.2. Utilidad de la revisión energética . . . 44
2.2.4.3. Actividades a realizar . . . 45
2.2.5. Análisis de brechas . . . 48
2.2.6. Medición y verificación de medidas de eficiencia energética . . . 49
2.2.6.1. Métodos de análisis de M&V . . . 49
2.2.6.2. Beneficios de usar M&V . . . 49
2.2.6.3. Protolos internacionales de M&V . . . 50
2.2.6.4. IPMVP . . . 50
2.2.7. Evaluación Económica . . . 55
2.2.7.1. Payback . . . 56
2.2.7.2. Valor del dinero en el tiempo . . . 56

3. METODOLOGÍA 58
3.1. Estudios previos . . . 60
3.1.1. Estudio de normativa ISO50001 . . . 60
3.1.2. Contexto organizacional . . . 60
3.1.3. Contexto industrial . . . 60
3.2. Actividades previas o complementarias al diseño de SGEn . . . 60
3.2.1. Diseño de revisión energética y análisis de brechas . . . 60
3.2.2. Análisis de brechas . . . 61
3.2.3. Definición de alcance interno de la normativa y viabilidad de la certificación actual . 62
3.2.4. Revisión energética . . . 63
3.2.5. Identificación de principales puntos de uso ineficiente . . . 65
3.2.6. Evaluación de medidas de eficiencia energética . . . 65
3.2.6.1. Método Life Cycle Cost . . . 65
3.3. Diseño e implementación de requisitos del SGEn . . . 66
3.3.1. Línea base energética . . . 67
3.3.2. Indicadores de desempeño energético . . . 67
3.4. Diseño de requisitos del SGEn . . . 67
3.4.1. Política energética . . . 67
3.4.2. Plan de planificación, ejecución, verificación y control . . . 68

4. RESULTADOS Y ANÁLISIS 69
4.1. Revisión energética y análisis de brechas . . . 69
4.1.1. Resumen de la revisión energética . . . 70
4.1.1.1. Línea base energética . . . 70
4.1.1.2. Variables relevantes para determinar el desempeño energético . . . 72
4.1.1.3. Usos de energía que más impactan en el desempeño energético . . . 72
4.1.1.4. Oportunidades de mejora energética . . . 72
4.1.2. Revisión energética: CESFAM Leng . . . 75
4.1.2.1. Datos de identificación del centro . . . 75
4.1.2.2. Indicadores energéticos globales . . . 75
4.1.2.3. Indicadores por uso de energía . . . 76

4.1.2.4. Curva de consumo anual . . . 77
4.1.2.5. Análisis . . . 78
4.1.2.6. Recomendaciones . . . 79
4.1.3. Análisis de brechas: CESFAM Leng . . . 80
4.1.4. Revisión Energética: CESFAM Alessandri . . . 81
4.1.4.1. Datos de identificación del centro . . . 81
4.1.4.2. Indicadores energéticos globales . . . 81
4.1.4.3. Indicadores por uso de energía . . . 82
4.1.4.4. Curva de consumo anual . . . 83
4.1.4.5. Análisis . . . 84
4.1.4.6. Recomendaciones . . . 85
4.1.5. Análisis de brechas: CESFAM Alessandri . . . 86
4.1.6. Revisión Energética: CESFAM El Aguilucho . . . 87
4.1.6.1. Datos de identificación del centro . . . 87
4.1.6.2. Indicadores energéticos globales . . . 87
4.1.6.3. Indicadores por uso de energía . . . 88
4.1.6.4. Curva de consumo anual . . . 89
4.1.6.5. Análisis . . . 90
4.1.6.6. Recomendaciones . . . 91
4.1.7. Análisis de brechas: CESFAM El Aguilucho . . . 92
4.2. Sistema de Gestión de la Energía para los Centros de Salud de Providencia . . . 93
4.2.1. Objeto del SGEn . . . 93
4.2.2. Alcance del SGEn . . . 93
4.2.3. Responsabilidades y Política Energética . . . 94
4.2.3.1. Roles y responsabilidades . . . 94
4.2.3.2. Política Energética . . . 96
4.2.3.3. Documentación . . . 96
4.2.4. Planificación del SGEn . . . 97
4.2.4.1. Revisión energética . . . 97
4.2.4.2. Indicadores de Desempeño Energético . . . 106
4.2.4.3. Definición de objetivos, metas y planes de acción energéticos . . . 108
4.2.4.4. Documentación . . . 110
4.2.5. Ejecución . . . 111
4.2.5.1. Concientización y Capacitación . . . 111
4.2.5.2. Comunicación . . . 113
4.2.5.3. Control operacional . . . 113
4.2.5.4. Diseño y adquisiciones . . . 114
4.2.5.5. Implementación de Planes de Acción . . . 114
4.2.5.6. Reunión de Seguimiento del SGEn . . . 115
4.2.5.7. Documentación . . . 115
4.2.6. Verificación . . . 117
4.2.6.1. Seguimiento, medición y análisis . . . 117
4.2.6.2. Auditoría interna . . . 121
4.2.6.3. Tratamiento de no conformidades . . . 122
4.2.6.4. Control de Registros . . . 122
4.2.6.5. Documentación . . . 123
4.2.7. Actuar . . . 123
4.2.7.1. Revisión de la alta dirección . . . 124
4.2.7.2. Documentación . . . 125
4.3. Evaluación de mejoras a nivel de perfil . . . 126
4.3.1. Recambio de Equipos de Aire Acondicionado en CESFAM Leng . . . 126
4.3.1.1. Justificación y horizonte Temporal del Plan de Acción . . . 126
4.3.1.2. Consumo energético proyectado . . . 127
4.3.1.3. Proyección de ahorros energéticos por el Plan de Acción . . . 127

4.3.1.4. Ahorros monetarios por concepto de energía . . . 127
4.3.1.5. Análisis de sensibilidad . . . 128
4.3.2. Implementación de paneles fotovoltaicos . . . 130
4.3.2.1. Justificación y horizonte Temporal del Plan de Acción . . . 130
4.3.2.2. Capacidad energética . . . 130
4.3.2.3. Proyección de ahorros energéticos por el Plan de Acción . . . 131
4.3.2.4. Ahorros monetarios por concepto de energía . . . 131
4.3.2.5. Análisis de Sensibilidad . . . 133

5. CONCLUSIONES 134

Bibliografía 137

A. ORGANIZACIÓN 140

B. NORMATIVA ISO 50001 142
B.1. Requisitos de un Sistema de Gestión de la Energía . . . 142
B.1.1. Requisitos generales . . . 142
B.1.2. Responsabilidades de la alta gerencia . . . 142
B.1.2.1. Alta gerencia . . . 142
B.1.2.2. Representante de la gerencia . . . 143
B.1.3. Política energética . . . 143
B.1.4. Planificación energética . . . 144
B.1.4.1. Generalidades . . . 144
B.1.4.2. Requisitos legales y otros requisitos . . . 144
B.1.4.3. Revisión energética . . . 144
B.1.4.4. Línea base energética . . . 145
B.1.4.5. Indicadores de desempeño energético . . . 145
B.1.4.6. Objetivos energéticos, metas energéticas y planes de acción de gestión de la energía . . . 145
B.1.5. Implementación y operación . . . 146
B.1.5.1. Generalidades . . . 146
B.1.5.2. Competencia, formación y toma de conciencia . . . 146
B.1.5.3. Comunicación . . . 146
B.1.5.4. Documentación . . . 147
B.1.5.5. Control operacional . . . 147
B.1.5.6. Diseño . . . 148
B.1.5.7. Adquisición de servicios de energía, productos, equipos y energía . . . 148
B.1.6. Verificación . . . 148
B.1.6.1. Seguimiento, medición y análisis . . . 148
B.1.6.2. Evaluación de cumplimiento con los requisitos legales y otros requisitos . 149
B.1.6.3. Auditoría interna del SGEn . . . 149
B.1.6.4. No-conformidades, corrección, acción correctiva y preventiva . . . 149
B.1.6.5. Control de registros . . . 149
B.1.7. Revisión por la gerencia . . . 150
B.1.7.1. Generalidades . . . 150
B.1.7.2. Información de entrada para la revisión por la gerencia . . . 150
B.1.7.3. Resultado de la revisión por la gerencia . . . 150

C. OPCIONES IPMVP 151

D. ANÁLISIS DE BRECHAS 153

E. PROYECCIÓN DEL CONSUMO 160
E.1. Modelo de regresión lineal . . . 160

E.1.1. Presentación del modelo 160
E.1.2. Determinación de estimadores 160
E.1.3. Herramientas e implementación 161
E.2. Recambio de Equipos de Aire Acondicionado en CESFAM Leng 161
E.2.1. Determinación de consumo de equipos HVAC 161

F. CAPACIDAD Y CONSUMO FOTOVOLTAICO 164
F.1. Explorador Solar del Ministerio de Energía 164
F.2. Paneles fotovoltaicos en CESFAM Alessandri 164

Índice de Tablas

2.1. Medidas de eficiencia energética en centros de salud públicos de Chile 24
2.2. Cronología de normas de gestión energética en diversos países del mundo. 34
2.3. Requisitos de la norma ISO 50001:2001 40
2.4. Recomendación respecto a la opción de M&V IMPVP 54

4.1. Recomendación respecto a la opción de medición y verifiación IMPVP - SGEn 120

Índice de Figuras

1.1. Acoplamiento energético 4
1.2. Descoplamiento energético 5
1.3. Esquema de funcionamiento del Programa Comuna Energética 6

2.1. Sistemas ciber-físicos 10
2.2. Linea temporal del crecimiento de uso de los combustibles a nivel mundial 11
2.3. El desafío dual 12
2.4. Emisiones de CO_2 por sector industrial 12
2.5. Relación entre aumento de temperatura en la atmósfera y concentración de CO_2 en ppm. . . 13
2.6. La cuarta revolución industrial y la tecnología 14
2.7. Reducción de emisiones por eficiencia energética 16
2.8. Reducción de consumo total por eficiencia energética 16
2.9. Desacopalmiento energético en la OCDE 17
2.10. Linea temporal de la participación de mercado en por tipo de combustible, a nivel mundial . 18
2.11. Linea temporal del consumo energético chileno en los últimos 10 años, en mtoe. 19
2.12. Linea temporal de la capacidad eléctrica instalada en Chile, 2007 a 2017. 19
2.13. Matriz energética primaria chilena al 2017 20
2.14. Matriz energética secundaria chilena al 2017 20
2.15. Objetivos 1-5 de Energía 2050: Política Energética de Chile 21
2.16. Objetivos 6-10 de Energía 2050: Política Energética de Chile 22
2.17. Mapa general de procesos de la Municipalidad de Providencia. Fuente: Municipalidad de Providencia, *Modelo de Gestión Integral: Gobiernos Locales con Gestión Confiable Sistema Integral de Calidad*. Fuente: Municipalidad de Providencia. 28
2.18. Áreas del Departamento de Medio Ambiente. Fuente: Elaboración Propia. 29
2.19. Resutados de la gestión de energía *ad hoc* a los costos. 36
2.20. Resultados de un proceso sistemático de gestión de la energía 36
2.21. Visión general del sistema de gestión de la energía 37
2.22. Ciclo PHVA en sistemas de gestión 38
2.23. Diagrama de flujo de porcesos referentes a la revisión energética en ISO 50001. 45
2.24. Información necesaria para definir los usos significativos de energía en la organización . . . 46
2.25. Ejemplo de cuantificación del ahorro energético. 52

3.1. Cuadro resumen metedología de diseño de sistema de gestión energética para Centros de Salud de la comuna de Providencia. Elaboración propia. 59
3.2. Tabla climática de Santiago de Chile. Fuente: climate-data.org 66

4.1. Consumo energético anual base por servicio y centro. Elaboración propia. 70
4.2. Consumo energético anual base por servicio y centro por área del recinto. Elaboración propia. 71
4.3. Costo anual base por recinto. Elaboración propia. 71
4.4. Indicadores de desempeño energético globales del CESFAM Leng. Elaboración propia. . . . 75
4.5. Distribución del consumo por uso de energía en el CESFAM Leng. Elaboración propia. . . . 76

4.6. Consumo anual por uso de energía y porcentaje acumulado en el CESFAM Leng (gráfico de Pareto). Elaboración propia. 76
4.7. Consumo anual base de electricidad en el CESFAM Leng, en kWh. Elaboración propia. . . . 77
4.8. Consumo anual base de gas en el CESFAM Leng, en kWh. Elaboración propia. 77
4.9. Curva de costos anual de energía en pesos chilenos. Elaboración propia. 78
4.10. Porcentaje de cumplimiento actual de requisitos de la norma ISO 50001. Elaboración propia. 80
4.11. Indicadores de desempeño energético globales del CESFAM Alessandri. Elaboración propia. 81
4.12. Distribución del consumo por uso de energía en el CESFAM Alessandri. Elaboración propia. 82
4.13. Consumo anual por uso de energía y porcentaje acumulado en el CESFAM Alessandri (gráfico de Pareto). Elaboración propia. 82
4.14. Consumo anual base de electricidad en el CESFAM Alessandri, en kWh. Elaboración propia. 83
4.15. Consumo anual base de gas en el CESFAM Alessandri, en kWh. Elaboración propia. 83
4.16. Curva de costos anual de energía en pesos chilenos, CESFAM Alessandri. Elaboración propia. 84
4.17. Porcentaje de cumplimiento actual de requisitos de la norma ISO 50001, CESFAM Alessandri. Elaboración propia. 86
4.18. Indicadores de desempeño energético globales del CESFAM El Aguilucho. Elaboración propia. 87
4.19. Distribución del consumo por uso de energía en el CESFAM El Aguilucho. Elaboración propia. 88
4.20. Consumo anual por uso de energía y porcentaje acumulado en el CESFAM El Aguilucho (gráfico de Pareto). Elaboración propia. 88
4.21. Consumo anual base de electricidad en el CESFAM El Aguilucho, en kWh. Elaboración propia. 89
4.22. Consumo anual base de gas en el CESFAM El Aguilucho, en kWh. Elaboración propia. . . . 89
4.23. Curva de costos anual de energía en pesos chilenos, CESFAM El Aguilucho. Elaboración propia. 90
4.24. Porcentaje de cumplimiento actual de requisitos de la norma ISO 50001, CESFAM Alessandri. Elaboración propia. 92
4.25. CEARFE: Consumo energético anual base por recinto y fuente energética. 97
4.26. CEARFEA: Consumo energético anual base por recinto, fuente energética y área. 98
4.27. CARS: Costo anual base por recinto y servicio. 98
4.28. Consumo anual base de electricidad en el CESFAM Leng, en kWh. Elaboración propia. . . . 99
4.29. Consumo anual base de gas en el CESFAM Leng, en kWh. Elaboración propia. 100
4.30. Curva de costos anual de energía en pesos chilenos. Elaboración propia. 100
4.31. Consumo anual base de electricidad en el CESFAM Alessandri, en kWh. Elaboración propia. 101
4.32. Consumo anual base de gas en el CESFAM Alessandri, en kWh. Elaboración propia. 101
4.33. Curva de costos anual de energía en pesos chilenos, CESFAM Alessandri. Elaboración propia. 101
4.34. Consumo anual base de electricidad en el CESFAM El Aguilucho, en kWh. Elaboración propia. 102
4.35. Consumo anual base de gas en el CESFAM El Aguilucho, en kWh. Elaboración propia. . . . 102
4.36. Curva de costos anual de energía en pesos chilenos, CESFAM El Aguilucho. Elaboración propia. 103
4.37. Plan de acción para implementación de nuevos equipos de climatización en CESFAM Leng. 109
4.38. Instancias de concientización para el SGEn. 111
4.39. Enfoques de capacitación según perfil en el SGEn. 112
4.40. Plan de capacitación para cada perfil en el SGEn. 112
4.41. Responsabilidades y variables determinantes en el seguimiento, medición y análisis a nivel operacional. 117
4.42. Opción de M&V A y B IMPVP 118
4.43. Opción de M&V C y D IMPVP 119
4.44. Control de versiones en cada documento del SGEn. 123
4.45. Visado de documentos del SGEn. 123
4.46. Parámetros para la obtención de ahorros monetarios por concepto de energía. 127
4.47. Costo por consumo eléctrico de sistemas de aire acondicionado. En color azul se presenta la situación base y en color rojo, la propuesta. 128
4.48. Flujos de caja anuales para el proyecto recambio de equipos de aire acondicionado, en miles de pesos chilenos. 128

4.49. Resultados de evaluación a nivel de perfil del proyecto de Recambio de equipos de aire acondicionado. . . . 128
4.50. Variación del Valor Actual Neto en función de los años de pago de deuda para el pago de la inversión. . . . 129
4.51. Variación del Valor Actual Neto en función de la tasa de descuento. . . . 129
4.52. Estimación de la capacidad del sistema fotovoltaico proyectado para el CESFAM Alessandri. Fuente: *Explorador Solar del Ministerio de Energía.* . . . 130
4.53. Estimación de generación anual del sistema fotovoltaico proyectado para el CESFAM Alessandri. Fuente: *Explorador Solar del Ministerio de Energía.* . . . 131
4.54. Precio neto de 1 kWp instalado por tamaño de planta fotovoltaica. Fuente: *Ministerio de Energía.* . . . 131
4.55. Parámetros para evaluación económica de instalación de generación fotovoltaica en CESFAM Alessandri. Fuente: *Elaboración propia.* . . . 132
4.56. Flujos de caja anuales para el proyecto en miles de CLP. Fuente: *Elaboración propia.* . . . 132
4.57. Principales resultados de la evaluación a nivel de perfil. Fuente: *Elaboración propia.* . . . 132
4.58. Análisis de sensibilidad del VAN respecto al monto de inversión inicial. Fuente: *Elaboración propia.* . . . 133
4.59. Análisis de sensibilidad del VAN respecto a costos de mantenimiento. Fuente: *Elaboración propia.* . . . 133

5.1. Oportunidades de mejora para cada USEn en el alcance del SGEn. Elaboración Propia. . . . 135
5.2. Factores a considerar para evaluación de medidas de eficiencia energética. . . . 136

A.1. Organigrama de CDS Providencia . . . 140
A.2. Organigrama Dirección de Salud de Providencia . . . 141

B.1. Proceso de planificación energética según ISO 50001 . . . 144

C.1. Opción de M&V A y B IMPVP . . . 151
C.2. Opción de M&V C y D IMPVP . . . 152

D.1. Análisis de brechas respecto a la norma ISO 50001. . . . 154
D.2. Análisis de brechas respecto a la norma ISO 50001. . . . 155
D.3. Análisis de brechas respecto a la norma ISO 50001. . . . 156
D.4. Análisis de brechas respecto a la norma ISO 50001. . . . 157
D.5. Análisis de brechas respecto a la norma ISO 50001. . . . 158
D.6. Análisis de brechas respecto a la norma ISO 50001. . . . 159
D.7. Análisis de brechas respecto a la norma ISO 50001. . . . 159

E.1. Parámetros para la proyección de demanda en equipos HVAC . . . 161
E.2. Consumo energético del CESFAM Leng y otros parámetros para la evaluación . . . 162
E.3. Consumo energético atribuible a sistemas de aire acondicionado para el CESFAM Leng. . . . 162
E.4. Estimadores obtenidos y parámetros de optimización de la regresión lineal sobre el consumo energético E_t. . . . 163
E.5. Resultados regresión lineal sobre el consumo energético E_t. . . . 163
E.6. Resultado de regresión lineal sobre el consumo energético E_t, en el horizonte temporal del año base. $E_t(hat)$ consiste en su estimación. . . . 163

F.1. Coordenadas del CESFAM Alessandri. *Fuente: Explorador Solar, Ministerio de Energía de Chile.* . . . 164
F.2. Elección del modelo de cálculo de capacidad fotovoltaica *Fuente: Explorador Solar, Ministerio de Energía de Chile.* . . . 165
F.3. Estimación de capacidad mediante el área disponible para instalar paneles fotovoltaicos en CESFAM Alessandri. *Fuente: Explorador Solar, Ministerio de Energía de Chile.* . . . 166

F.4. Características de instalación y pérdidas. *Fuente: Explorador Solar, Ministerio de Energía de Chile.* 167
F.5. Estimación de capacidad de paneles fotovoltaicos en CESFAM Alessandri. *Fuente: Explorador Solar, Ministerio de Energía de Chile.* 168
F.6. Principales factores operativos de la evaluación de instalación de un sistema fotovoltaico sobre el CESFAM Alessandri. *Fuente: Explorador Solar, Ministerio de Energía de Chile.* . . . 168
F.7. Estimación de generación mensual, en kWh, para el sistema fotovoltaico a instalar sobre el CESFAM Alessandri. *Fuente: Explorador Solar, Ministerio de Energía de Chile.* 168
F.8. Estimación de generación anual del sistema fotovoltaico proyectado para el CESFAM Alessandri. Fuente: *Explorador Solar del Ministerio de Energía.* 169

1 | INTRODUCCIÓN

1.1. Conceptos Previos

Con la finalidad facilitar la lectura de este trabajo es que, a continuación, se pone a disposición del lector una lista de términos y definiciones que se repiten a lo largo de todo el documento, ordenados de lo más general a lo más particular.

1. **Organización:** institución o compañía, pública o privada, que tiene sus propias funciones y administración. Además, posee control sobre sus usos de energía y consumos energéticos.
2. **Usos de la energía:** manera, proceso o forma de aplicación de la energía. Ejemplo: ventilación, iluminación, calor, enfriamiento, transporte, procesos y líneas de producción.
3. **Consumo energético:** cantidad de energía aplicada en una labor o acción humana (en Joule, kiloWatt-hora, unidades térmicas británicas o Btu, mtoe, etc).
4. **Energía primaria:** la energía es llamada primaria antes de cualquier transformación. Es por ejemplo el caso del petróleo bruto, el carbón o la luz solar que llega a la atmósfera.
5. **Energía secundaria:** Corresponde al producto de la transformación de energía primaria para ser utilizada por el consumidor. Ejemplos son la electricidad, gasolina, el diesel, etc.
6. **Eficiencia energética:** relación entre la *cantidad de energía requerida ideal* para la realización de una actividad y la *cantidad de energía real* usada en la misma. En el contexto organizacional, se busca que los equipos posean eficiencia energética de 100 %.
7. **Desempeño energético:** resultados medibles relacionados a eficiencia energética, consumo energético y sus usos.
8. **Indicadores de desempeño energético (Energy Performance Indicators, EnPI):** los indicadores son medidas cuantitativas de desempeño energético definidos por la organización.
9. **Ahorro de energía:** reducción del consumo de energía, determinada mediante medición y/o estimación del consumo antes y después de la aplicación de una o más medidas de mejora de eficiencia energética, en condiciones normales externas.
10. **Productividad energética:** ratio entre las ganancias de una organización, respecto de la energía consumida.
11. **Sobre la norma ISO 50001:**
    a) **Sistema de Gestión de la Energía (SGEn):** conjunto ordenado de normas y procedimientos que regulan el funcionamiento de un grupo o colectividad, enfocado en reducir sus costos de energía, reducir su impacto medioambiental y aumentar su competitividad.
    b) **SIG:** Sistema integrado de gestión. Correspone a un conjunto de normas y procedimientos que regulan las actividades de la organización en diferentes ámbitos, como calidad, energía, seguridad ocupacional, seguridad de la información, continuidad del negocio, etc.

c) **Requisito:** elemento, documento, hecho u otro que permite decir que alguien cumple con una condición o da acceso a una acción o cosa específica.

d) **Requisito medular:** constituye la base sobre la que se funda la operación del SGEn y son esenciales para observar y mejorar el desempeño energético. Estos requisitos corresponden a todas las actividades de análisis del consumo y usos de energía, considerando sus costos asociados.

e) **Requisito estructural:** provee la estructura en torno a los requisitos medulares y convierten a la gestión de la energía en un proceso sistemático y controlado. Estos requisitos son fundamentales en las integraciones con otros sistemas de gestión.

f) **Política Energética:** la declaración de la política energética es un documento oficial a través del cual la alta dirección demuestra su compromiso con el sistema de gestión de la energía y le da su apoyo (a través de proveer recursos humanos y materiales) para lograr mejoras continuas en el desempeño energético.

g) **Equipo de gestión de la energía:** Persona(s) responsable(s) de la implementación efectiva de las actividades del sistema de gestión de la energía y para la entrega de mejoras de desempeño energético.

h) **Planificar (desde el punto de vista de la ISO50001):** acción centrada en entender el comportamiento energético de la organización y, con base en él, establecer controles y objetivos necesarios que permitan mejorar el desempeño energético (en términos de indicadores y acciones).

i) **Ejecutar (desde el punto de vista de la ISO50001):** implementar procedimientos y procesos regulares con fin de controlar y cumplir los objetivos planteados en la etapa de planificación, mejorando el desempeño energético. En esta etapa debe existir énfasis en el compromiso de todos los grupos de interés involucrados.

j) **Verificar (desde el punto de vista de la ISO50001):** monitorear, medir y reportar el desempeño de procesos, controles y las acciones planteadas en la etapa de planificación; tomando en cuenta las características de operación y servicios de la organización.

k) **Actuar (desde el punto de vista de la ISO50001):** recopilación de lecciones de las etapas de planificación, ejecución y verificación, que termina con una la definición de lineamientos y restricciones a considerar a la hora de volver a planificar y así mejorar continuamente el desempeño energético de la organización.

l) **Límite del sistema de gestión de la energía:** conjunto de departamentos, procesos, fuentes de energía, formas de transporte y cualquier activo energético que incluye el sistema de gestión de la energía, siendo considerados en el ciclo de planificación, ejecución, verificación y acción.

m) **Línea de base:** punto inicial para medir las mejoras en el desempeño energético. puede ser la cantidad total de energía y de otros combustibles que se usaron en el año anterior a la implementación del SGEn. Se establece mediante una auditoría o revisión energética a la organización.

12. **Sobre Auditorías Energéticas (Norma ISO 50002):**

a) **Auditoría energética:** análisis sistemático del uso de la energía y consumo energético dentro de un adecuado alcance de auditoría energética, con tal de identificar, cuantificar y reportar las oportunidades para mejorar el desempeño energético.

b) **Auditor energético:** persona o personas que conducen una auditoría energética, el que puede ser externo o interno a la organización. Independiente de lo anterior, el(la) auditor(a) debe tener un conjunto de habilidades técnicas y de comunicación apropiadas para trabajar con los *stakeholders* dentro del alcance de la auditoría.

c) **Hipótesis:** suposición hecha a partir de datos o criterio experto que sirve de base para iniciar una investigación o una argumentación.

d) **Objetivo de auditoría:** se debe acordar entre la organización y el auditor energético, con base en las hipótesis que deseen comprobar.

e) **Límite de auditoría:** es la frontera, ya sea física u organizacional de la aplicación de una auditoría energética. El límite lo define la organización.

f) **Alcance de la auditoría:** son los usos energéticos y actividades relacionadas a ser incluidas en la auditoría energética, definidas por la organización y el auditor, que puede incluir múltiples límites.

g) **Flujo energético:** descripción o mapeo de procesos para transferir energía o convertir energía dentro de un determinado ámbito del alcance de la auditoría.

h) **Balance energético:** conteo de la generación de energía entrante versus los consumos de energía por uso de energía.

i) **Variable relevante:** parámetro cuantificable que impacta el consumo energético. Ejemplo: datos climáticos, parámetros operativos de los procesos, horas trabajadas, tasa de producción, etc.

j) **Población:** se refiere al conjunto de todos los individuos de un mismo tipo que se analizan bajo un marco estadístico común.

k) **Muestreo:** proceso usado en estadística con tal de seleccionar a menos del 100 % de la población de individuos para comprobar una hipótesis. Para que el muestreo sea representativo (es decir, que permita imitar el comportamiento de la población ante un experimento o variable que se desea comprobar) se debe cumplir ciertas condiciones matemáticas dependientes del tipo de experimento.

1.2. Presentación y Justificación

La vida en nuestro planeta se sustenta en procesos que incluyen la transformación y uso de la energía, tales como la fotosíntesis, la respiración, la síntesis de nutrientes, el movimiento de las olas en el mar, la generación de corrientes submarinas que afectan el clima y muchas otras no podrían ser descritas en detalle sin el concepto de energía.

El concepto *energía* es difícil de definir, debido a que el ser humano no es capaz de ver la energía, sino sus efectos. Sin embargo, los científicos han logrado dar con definiciones funcionales de energía. A continuación, se presentan algunas de ellas:

> La capacidad que poseen los cuerpos para poder efectuar un trabajo a causa de su constitución (energía interna), de su posición (energía potencial) o de su movimiento (energía cinética) (Foro de la Industria Nuclear Española, 2018)

> Si las fuerzas ocasionan variaciones temporales microscópicas y desordenadas, hay transmisión de energía en forma de calor. Si las variaciones son macroscópicas o microscópicas ordenadas (fenómenos eléctricos y magnéticos) hay transmisión de energía en forma de trabajo. (Arias, 2008)

Ahora, si bien la energía siempre ha estado emparentada con la vida del hombre, fue a partir de la inscripción de la primera patente de un motor a combustión por parte de James Watt en 1781 (momento que inició la primera revolución industrial), que la comprensión de este concepto significó una mejora en la calidad de vida de la civilización occidental. Desde ese punto comienza a darse el fenómeno del acoplamiento energético, en el que existe una correlación positiva entre producto interno bruto (PIB) del mundo y el consumo energético (ver Figura 1.3).

Dos revoluciones industriales han pasado y una comienza a manifestarse desde aquel momento hasta hoy. Y no sólo esto, sino todas las consecuencias que dejaron el uso exhaustivo y sin control de fuentes de energía fósil propias de los sistemas de producción en masa y de automóviles, fenómenos característicos del siglo XX. Estas consecuencias incluyen, dentro de las más importantes, el peligro de desabastecimiento energético y el cambio climático producido por gases de efecto invernadero (Naciones Unidas, 2018). Lo que pone en riesgo: (i) la salud de seres humanos; (ii) el acceso a alimentación y otros recursos derivados

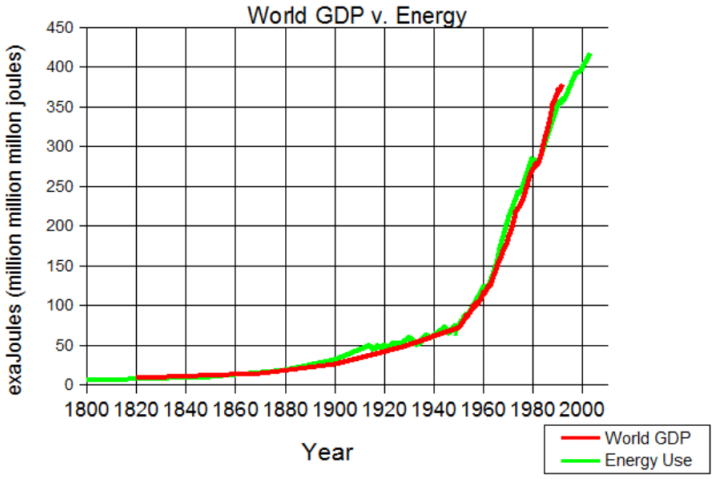

Figura 1.1: La relación entre la riqueza de los países y el consumo energético, el acomplamiento energético. Fuente: Scottish Sceptic.

del consumo de energía, debido a las variaciones en el comportamiento climático y; (iii) la biodiversidad planetaria, al verse amenazadas varias especies si es que no se disminuyen las emisiones de gases de efecto invernadero; entre otros elementos significativos de la vida en la tierra.

Lo anterior ha generado que diferentes organismos internacionales busquen promover medidas que permitan disminuir el impacto de las actividades industriales y de consumo en la sociedad. Es por esto que la Organización de las Naciones Unidas para el Desarrollo Industrial (UNIDO, por sus siglas en inglés) decide encargar a la Organización Internacional de Estandarización (ISO, en inglés) la creación de un estándar de gestión energética para todo tipo de organización, con tal de establecer un marco para la mejora de la eficiencia en el uso de los recursos energéticos.

Es así como nace la normativa ISO 50001:2011 *Sistemas de Gestión de la Energía: Guía y Recomendaciones para su uso*.

Los resultados están a la vista, se han registrado disminuciones en el consumo de energía de entre 10 a 50 % en países de la OCDE, y el impacto de la implementación de sistemas de gestión de la energía fue mayor que el uso de energías renovables no convencionales a la hora de explicar este fenómeno (Vásquez, 2017).

Esto se debe a que la implementación de un sistema integrado de gestión de la energía logra:

- disminuir el consumo energético;
- generar cultura de mejora continua en la organización, e;
- incentivar la inversión en tecnologías eficientes.

Por lo tanto, un sistema de gestión de la energía es una herramienta para reducir constantemente el consumo energético sin sacrificar el bienestar de los usuarios o beneficiarios de la organización que lo implementa. (Vásquez, 2017)

Gracias a esta herramienta y a diferentes políticas, estrategias y medidas de eficiencia energética es que se ha comenzado a romper con el acoplamiento energético, pasando a una etapa de desacoplamiento, en la que el PIB comienza a aumentar sin necesariamente que aumente el consumo energético (ver Figura 1.2).

Y siguiendo la tendencia mundial, el Gobierno de Chile y sus municipios, incluyendo a Providencia, han levantado estrategias energéticas nacionales y locales (respectivamente) que apuntan a comprometer recursos e impulsar activdades que permitan implementar localmente sistemas de gestión y medidas de

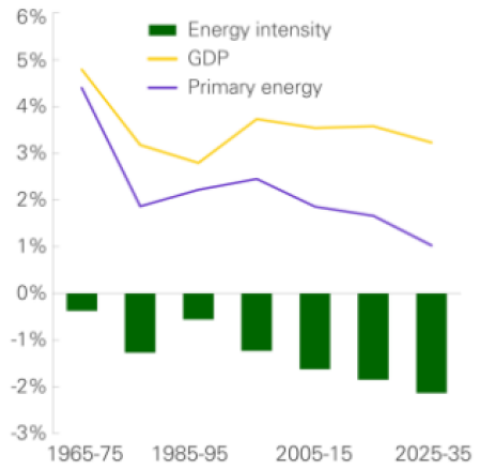

Figura 1.2: La relación entre la riqueza de los países y el consumo energético comienza a debilitarse debido a las acciones de eficiencia energética. En verde, la intensidad del uso energético; en púrpura, el consumo de energía primaria y; en amarillo, el producto interno bruto. Todos en variación porcentual año a año. Fuente: BP Statistical Review of World Energy, 2016

eficiencia energética, en beneficio de organizaciones lucrativas, no lucrativas, sociales y, por supuesto, ciudadanos.

1.3. Problema de Investigación

Providencia es una comuna ubicada en la Región Metropolitana en la Provincia de Santiago de Chile. Con base en datos del censo chileno de 2002, llevada a cabo por el Instituto Nacional de Estadísticas, la comuna cuenta con una población residente de 126.487 personas y la flotante alcanza las 1.800.000 personas en los días laborales. De esta población residente, el 51,2 % corresponde a adultos mayores de 35 años, quienes son el grupo etario que más requiere de cuidados médicos recurrentes. (Municipalidad de Providencia, 2012)

Es por esto que la comuna cuenta con 9 centros de salud, dividos en tres Centros de Salud Familiar (CESFAM), un Centro de Especialidades Odontológicas (CEO), dos Centro Comunitarios de Salud Familiar (CECOF), un Centro Comunitario de Salud Mental (COSAM), un Servicio de Atención Primaria de Urgencia (SAPU) y una Farmacia Comunitaria.

Ahora, con base en el contexto demográfico y energético, el municipio ha comenzado a trabajar y participar en diferentes estrategias y programas que permiten reducir el consumo energético o bien consumir energía de fuentes limpias en Centros de Salud (así como en otros establecimientos que rinden servicio a los residentes de la comuna), tales como el Programa Comuna Energética, el Sistema de Certificación Ambiental Municipal (SCAM) y su Estrategia de Energía Local, los que se describen a continuación.

Primero, el Programa Comuna Energética es la herramienta lanzada en 2015 por el Ministerio de Energía del Gobierno de Chile para aportar al desarrollo energético del país, específicamente mediante el análisis del escenario energético de cada comuna y el levantamiento de proyectos que exploten el potencial de eficiencia energética encontrado y el uso de fuentes de energía renovables desde los vecinos y contribuyentes de la comuna.

Su principal objetivo es concientizar a la población sobre el complejo escenario energético global para generar un consumo responsable e impulsar a los ciudadanos a participar en los procesos de mejora.

Este programa, adicionalmente, ofrece certificaciones a comunas que levanten una estrategia energética

local y en un lapso de tres años acrediten los avances requeridos por el programa para obtener el *Sello Comuna Energética*.

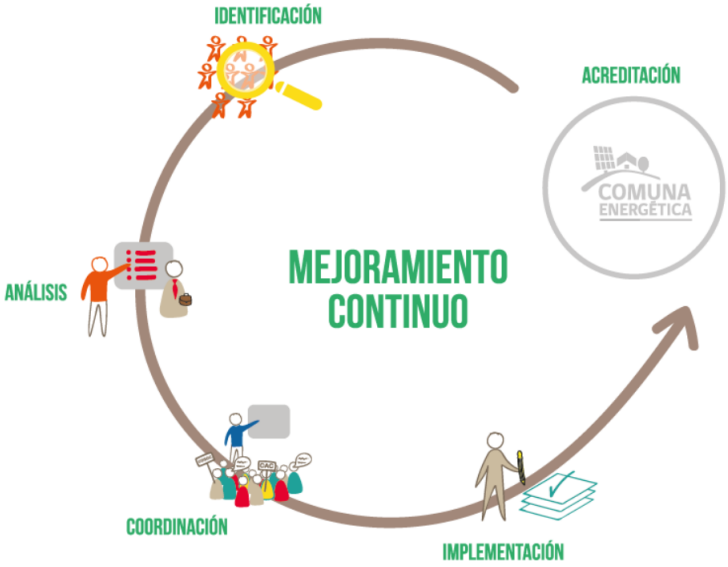

Figura 1.3: El programa comuna energética propone un marco de mejora continua en el desempeño energético de las comunas que se suscriben a él. Fuente: Ministerio de Energía.

Segundo, el Sistema de Certificación Ambiental Municipal, dependiente del Ministerio del Medio Ambiente del Gobierno de Chile; es un sistema al cual se adscribe de manera voluntaria y "que busca la integración del factor ambiental en el quehacer municipal" (Ministerio del Medio Ambiente del Gobierno de Chile, 2015)

El sistema "ha permitido que casi el 60 % de las municipalidades chilenas se encuentren acreditadas ambientalmente" (Fondo Chile, 2015); incluyendo a Providencia, la cual adscribiendo a esta iniciativa ha levantado un proceso de implementación de sistemas de gestión de la energía (basadas en la normativa ISO 50001) en diferentes edificaciones de uso público, tales como espacios deportivas, escuelas y centros de salud (Municipalidad de Providencia, 2016b).

Tercero, Estrategia de Energía Local de Providencia es el conjunto de planes, programas, tácticas y eventos que buscan reducir las emisiones de dióxido de carbono por unidad de PIB en un 50 % para el 2030 en la comuna. Esta estrategia basa su implementación y éxito en el apoyo e involucramiento de todos los agentes comunales en cada uno de sus 4 ejes: Energía limpia, Gestión y Cultura Energética, Ciudadanía y Pobreza Energética; y Educación e Innovación Energética (Municipalidad de Providencia, 2016a).

Esta estrategia incluye dentro de su implementación que Providencia entre en el Programa Comuna Energética.

Entonces, dadas las iniciativas energéticas actuales de las que la organización es parte, para todas los sistemas de gestión de la energía son una herramienta requerida para el logro de objetivos, debido a su capacidad de generar constante mejora continua en 3 ejes (de Laire et al., 2018):

- reducción del consumo energético en todos los equipos, servicios y áreas de la organización;
- mejora en el control del consumo de energía en todas las áreas de la organización, y;
- simplificación de la planificación, ejecución y generación de resultados esperados de medidas de eficiencia energética, logrando predecir en menor tiempo y con menor costo los beneficios esperados, además de hacer más expedita su medición y verificación.

Entonces, debido al contexto organizacional, este trabajo de investigación tiene como motivación contestar las siguientes preguntas (ordenadas de lo más general a lo particular):

1. ¿Cómo es posible adecuar el marco de acción de la ISO 50001 a los centros de salud de la comuna de Providencia?
2. ¿Cuál es el alcance de aplicación de la normativa al interior de estos centros?
3. ¿Cuáles son las principales oportunidades de aprendizaje para la organización comunal y de reducción de consumo energético?
4. ¿Qué beneficios trae realizar medidas de eficiencias energética específicas o bien, implementar sistemas de generación de energía basados en fuentes renovables?
5. ¿Cuáles son los indicadores más importantes para medir y verificar los efectos de medidas de eficiencia energética e implementación de sistemas autónomos de generación de energía?

1.4. Objetivos

1.4.1. Objetivo General

Proponer un sistema de gestión de la energía para los Centros de Salud de la Comuna de Providencia, con base en la norma ISO 50001:2011; mediante el levantamiento de información, análisis de brechas y auditoría energética; con la finalidad de generar un marco para la mejora continua de los indicadores de desempeño energético, asociados a la operación y atención de los pacientes, en los establecimientos estudiados.

1.4.2. Objetivos Específicos

- Definir el alcance de la norma ISO 50001 y verificar su aplicabilidad en los procesos que involucren activos energéticos en los Centros de Salud de la comuna de Providencia.
- Levantar una línea base energética en los centros en estudio, que permita obtener resultados concluyentes respecto de la caracterización y oportunidades de mejora en consumo y usos de la energía.
- Proponer una política de gestión energética para los Centros de Salud de la comuna de Providencia, con tal de facilitar la comunicación de medidas de eficiencia energética a los stakeholders, como también la evaluación de beneficios asociados a las medidas, su ejecución, control y estudios de mejora futura asociados.
- Encontrar principales puntos de uso ineficiente de la energía en los Centros de salud, que puedan generar, a través de una medida de eficiencia energética, un verdadero cambio en estos establecimientos, tanto a nivel energético como económico.
- Definir un plan de seguimiento y control del Sistema de Gestión de la Energía, con roles, indicadores clave y actividades claras, que permita realizar verificación y control de las medidas de eficiencia energética.
- Evaluar a nivel de perfil proyectos de eficiencia energética y/o autoabastecimiento mediante energías renovables en los Centros de Salud de la comuna.

1.5. Alcance

Para llevar a cabo este trabajo de investigación las actividades realizadas fueron:

1. Revisión energética, eje central del trabajo de investigación en el que se recopila información y se construye la base de conocimiento sobre el desempeño, principales usos y consumo total energético de una organización. Se visitan 3 centros de salud administrados por la CDS de Providencia: CESFAM Dr. Hernán Alessandri, CESFAM Dr. Leng y CESFAM/SAPU El Aguilucho. Durante la visita se realizan las entrevistas para el análisis de brechas y auditoría energética para el levantamiento de línea de base.
2. Análisis de brechas: Corresponde a la determinación de la brecha entre la gestión actual de energía y lo establecido en los requisitos de la norma ISO 50001. **Nota:** No se incluye la etapa de cierre de las brechas determinadas.
3. Diseño y ejecución del punto *4.4.3. Revisión Energética* y diseño e implementación de los puntos, *4.4.4. Línea base energética* y *4.4.5 Indicadores de desempeño energético*, establecidos en la normativa ISO 50001 y en concordancia con los lineamientos de la normativa ISO 50002, referente a auditorías energéticas.
4. Diseño de los puntos restantes de la normativa ISO 50001 para el conjunto de centros auditados.
5. Propuesta y evaluación de diferentes medidas que permitan mejorar los indicadores de desempeño energético propuestos.

2 | ANTECEDENTES

A continuación, se presentan los antecedentes de contexto tecnológico, social, organizacional y el marco teórico que están relacionados con este trabajo. Estos permiten comprender de manera más profunda su justificación, pertinencia en la organización bajo estudio y sus fundamentos técnicos.

La información presentada en el contexto y en el marco teórico se encuentra ordenada de lo más general a lo más particular.

Antes de comenzar, para facilitar la lectura de esta sección, se recomienda revisar el apartado 1.1 *Conceptos Previos*.

2.1. Contexto

2.1.1. Contexto energético internacional

2.1.1.1. Contexto tecnológico mundial

Hoy existen cambios científicos, energéticos tecnológicos, sociales, ambientales, políticos y educativos producto del dinamismo en la generación de nuevas, más rápidas y eficientes formas de producir y consumir bienes y servicios.

Este proceso de cambio se conoce como la cuarta revolución industrial, nombre acuñado por economistas, y son ellos quienes preveen que esta revolución termine por automatizar completamente los procesos de manufactura y gran parte de los procesos en servicios. Dichas transformaciones industriales estarán basadas en el consumo de energía eléctrica y térmica, principales fuentes de alimentación de los sistemas de información y la manufactura (BBC News, 2016).

Por esta razón la importancia de la energía se incrementa con los nuevos cambios que los diferentes mercados e industrias están demandando.

Pero ¿cómo se materializa esta trasnformación tecnológica? mediante la aparición de sistemas ciberfísicos (CPS, por sus siglas en inglés), que son todos los dispositivos que integran capacidades de computación, almacenamiento y comunicación para controlar e interactuar con un proceso de manufactura o de servicios. A nivel de aplicación, se centran principalmente en el uso la informática y control automático de procesos, para hacer que múltiples máquinas o equipos trabajen en colaboración de forma automática y mejorando contínuamente sus resultados en labores complejas, respondiendo a variaciones y exigencias de la demanda en tiempo real (Cantabria TIC, 2015).

Para comprender más sobre el funcionamiento de los CPS ver Figura 2.1.

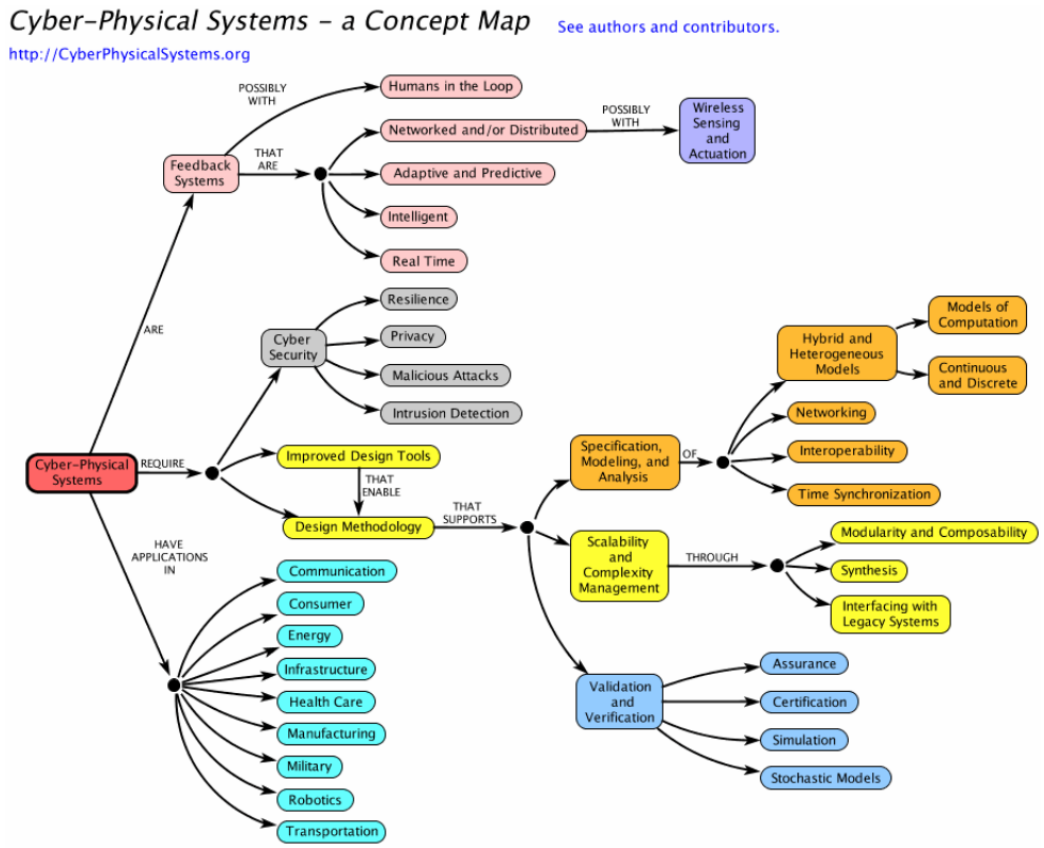

Figura 2.1: Los sistemas ciber-físicos son sistemas que trabajan realizando las mismas acciones una y otra vez, con base en lo que requiera su entorno y en conjunto con humanos. Poseen aplicaciones en múltiples industrias, incluyendo la energía. Fuente: ciberphysicalsystems.org

Debido a la aparición de estos sistemas es que el consumo de energía continua incrementándose en las diferentes industria a nivel internacional.

2.1.1.2. Consumo energético mundial

Según el BP Statistical Review of World Energy 2018 (ver Figura 2.2), El consumo mundial de energía primaria crecio un 2,2 % en 2017, a diferencia de 2016, que creció un 1,2 % y es el más alto desde 2013. Este crecimiento fue menor al promedio en el Asia Pacífico, el Medio Oriente y America Central y del Sur. Todos los combustibles excepto el crudo y la hidroelectricidad crecieron sobre el promedio. El gas natural fue el que más creció, llegando el crecimiendo su demanda a 83 millones de toneladas de petróleo equivalente (mtoe, en inglés) en 2017, seguido de la energía renovable (69 mtoe) y el petróleo. Además, el petróleo permanece como el combusteble dominante del mundo, siendo un tercio de toda la energía consumida. (BP, 2018a).

El mismo estudio muestra que en los últimos 25 años ha crecido un 36 % el consumo de energía primaria global. Lo anterior confirma que el desarrollo tecnológico industrial que se ha observado los últimos años se ha sustentado en el consumo energético.

El comportamiento del consumo energético mundial genera diversos desafíos para la sociedad, los que se detallan a continuación.

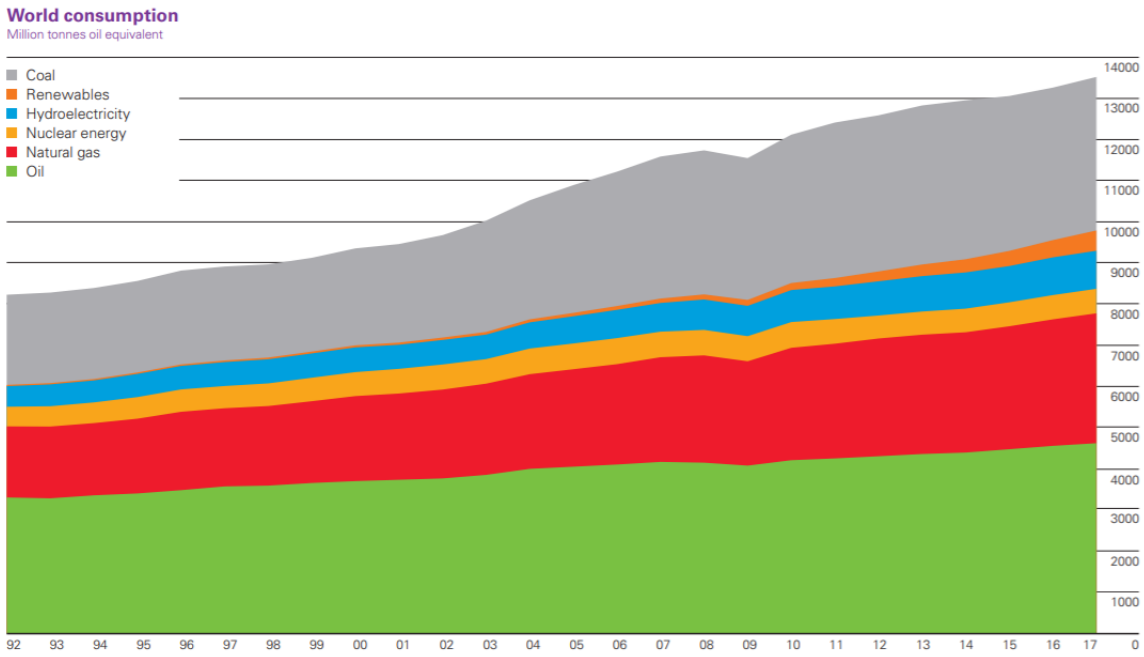

Figura 2.2: Tendencia en el crecimiento del consumo de energía primaria a nivel mundial. Se muestra: en gris, el crudo; en anaranjado, las energías renovables no convencionales; en azul, la hidroelectricidad; en amarillo, la energía nuclear; en rojo, el gas natural y; en verde, el petróleo. Fuente: BP Statistical Review of World Energy 2018

2.1.1.3. Desafíos energéticos actuales

En medio de este desarrollo a nivel de consumo energético y tecnológico, la humanidad se enfrenta, paralelamente, a una crisis respecto del consumo y generación de la energía a nivel planetario; conocida como la espiral energética (Gárate y Dall'Orso, 2015).

Este fenómeno es producido por la relación directamente proporcional entre PIB (y por ende, una mayor cantidad de producción, relacionado a implementación de sistemas que consumen gran cantidad de energía) y consumo energético, por lo que un mayor consumo de energía genera un incremento en el bienestar económico; pero, un aumento en el uso de la misma tiene consecuencias, debido a cómo hoy se produce la energía.

Con base en lo anterior, los principales desafíos a resolver en crisis son los siguientes (Demarco, 2017):

- crecimiento de necesidades energéticas;
- agotamiento de los combustibles fósiles;
- aumento de las emisiones y contaminación atmosférica asociada, y;
- acumulación de gases de efecto invernadero (GEI), principales causantes del cambio climático.

Por otra parte, el reporte BP Technology Outlook 2018 (BP, 2018b) destaca que hoy la sociedad vive un desafío dual (el cuál resume los desafíos de la espiral energética), éste es: satisfacer la creciente demanda de energía y reducir los gases de efecto invernadero (ver Figura 2.9)

De los desafíos presentados, el que más preocupación internacional genera es el cambio climático. Dicha preocupación está fundamentada en las diferentes amenazas que esta situación genera para la humanidad si es que sus causas no son mitigadas a nivel tecnológico, social, educativo y político. Dentro de estas amenazas se encuentran: (i) deshielo de los polos y aumento del nivel del mar; (ii) condiciones meteorológicas extremas y aumento de las precipitaciones; (iii) peligro económico para las actividades industriales que dependen

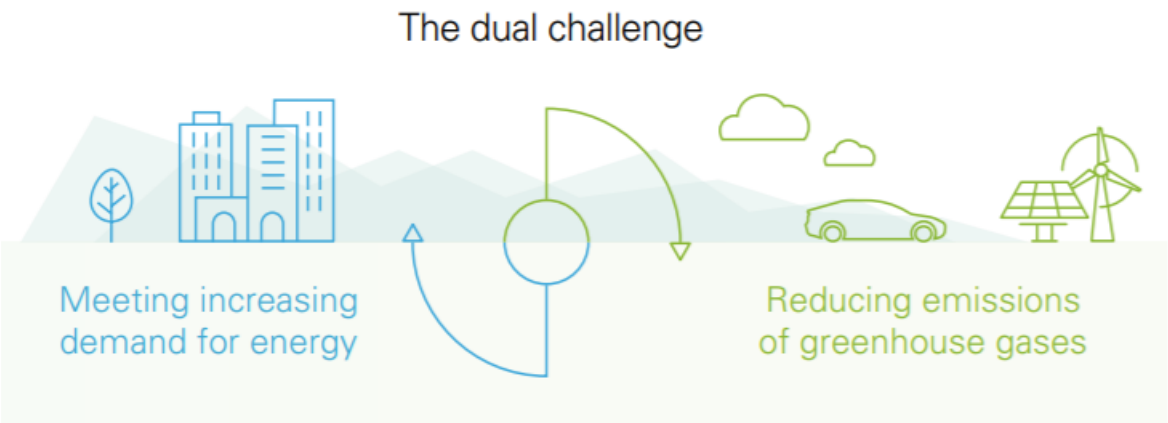

Figura 2.3: El desafío dual. Fuente: BP Technology Outlook 2018

de recursos naturales, como agricultura, silvicultura, ganadería, etc; y (iv) riesgo de extinción de diversas especies de seres vivos. (Unión Europea, 2018)

En esto, la industria energética tiene un rol protagónico debido a que el 76 % de las emisiones de CO_2 son causadas en la generación de energía (ver figura 2.4). Además, se estima que en la actualidad un 80 % de las fuentes energéticas a nivel mundial corresponden a combustibes fósiles, los que al transformarse en los procesos de generación de energía emiten CO_2 y otros GEI (Gárate y Dall'Orso, 2015).

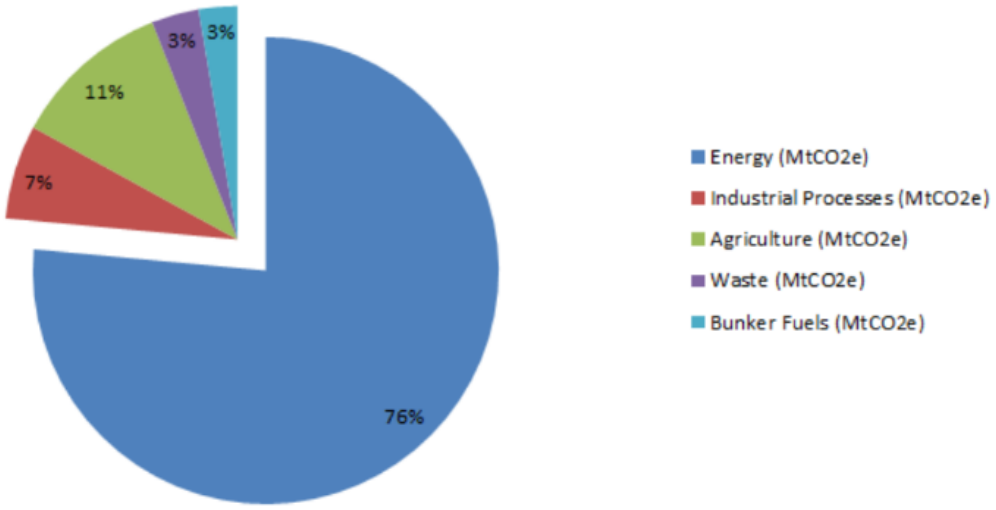

Figura 2.4: Emisiones en $MtCO_{2E}$ por sector industrial. Fuente: World Resources Institute 2013.

Pero ¿qué relación tienen los GEI con este fenómeno ambiental? Diversos estudios han revelado una correlación positiva entre el aumento en la concentración atmosférica de este tipo de gases (principalmente CO_2) y el aumento de temperatura (ver Figura 2.5, donde se destaca en rojo la temperatura media del planeta, en grados Celsius, y en azul la concentración de CO_2 atmosférico, en ppm.).

Respecto de las consecuencias del calentamiento global, La Organización de las Naciones Unidas define el cambio climático y se refiere a sus efectos de la siguiente manera:

> El cambio climático es uno de los mayores desafíos de nuestro tiempo y supone una presión adicional para nuestras sociedades y el medio ambiente. Desde pautas meteorológicas cambiantes, que amenazan la producción de alimentos, hasta el aumento del nivel del mar, que incrementa el

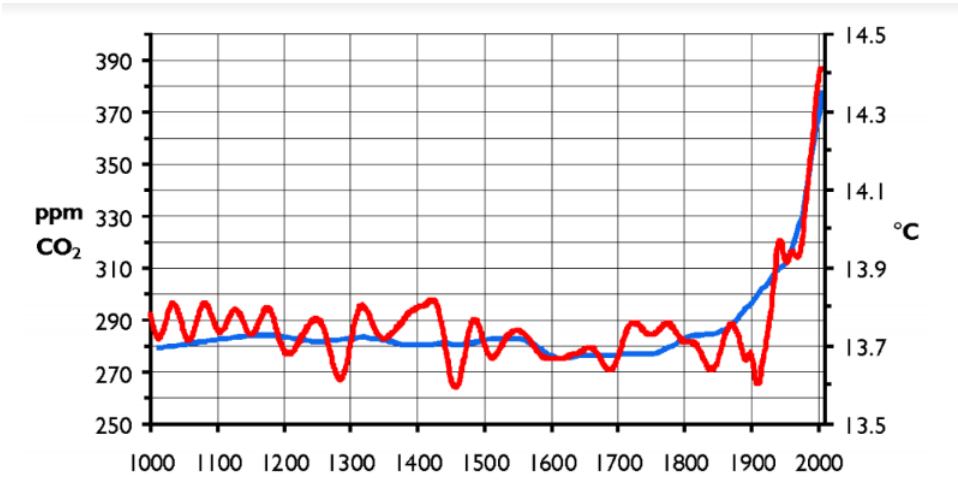

Figura 2.5: Diagrama relación CO_2 - aumento de temperatura atmosférica (o gráfico "hockey stick"). Fuente: IPCC

riesgo de inundaciones catastróficas, los efectos del cambio climático son de alcance mundial y de una escala sin precedentes. Si no se toman medidas drásticas desde hoy, será más difícil y costoso adaptarse a estos efectos en el futuro. (Naciones Unidas, 2018)

Lo que deja un claro mensaje para la sociedad: los hábitos domésticos, los sistemas productivos, el levantamiento de soluciones, la investigación y aplicaciones en la industria deben incluir a la hora de planificar sus acciones, ejecutarlas y verificar sus resultados, aspectos que tengan como objetivo reducir las emisiones de GEI.

2.1.1.4. Nuevas tecnologías energéticas

En esta misma línea, existen, según el reporte BP Technologý Outlook 2018, 5 tecnologías que serán capaces de dar solución al desafío dual:

1. Eficiencia energética: corresponde a la reducción del consumo energético sin disminuir la calidad del servicio o producto entregado. El reporte postula que los sistemas y proyectos (incluyendo SGEn's) pueden reducir hasta en 40 % del consumo de energía primaria en el mundo.
2. Digitalización de procesos: la transformación digital (que incluye en su mayoría los procesos relacionados con la implentación de sistemas ciberfísicos) es capaz de alcanzar nuevos tipos y niveles de eficiencia energética, algunos ejemplos van desde *smart grids* y moduladores de demanda energética hasta vehículos que se conducen solos y que optimicen su consumo de energía.
3. Energías renovables: la energía renovable, en particula solar y eólica, se vuelven cada vez más competitivas, llegando a ser las fuentes de energía más baratas alrededor de 2050.
4. Almacenamiento de energía: el almacenamiento y transporte de energía es de suma importancia en un escenario de desabastecimiento energético, por lo que el desarrollo de las mismas en estado sólido o en ión litio se vislumbran como grandes aportes a la solución del desafío dual.
5. Gas decarbonizado: existen aplicaciones para eliminar el carbón del gas, llevándolo a cero emisiones.

Es importante establecer que BP además destaca el rol de la Inteligencia Artificial en el aumento de la eficiencia de sistemas consumidores de energía, destacando que los sistemas energéticos se estan convirtiendo en sistemas ciberfísicos, los que pueden ser optimizados, monitoreados y controlados usando software inteligente. Algunos ejemplos que ya están desarrollados incluyen:

- Uso de *machine learning* (aprendizaje de máquina) para predecir: el comportamiento de sistemas de fuentes naturales de energía, su ubicación y cuando los equipos que interactúan con ellos requieren mantenimiento.
- Vehículos que están conectados en red y que automáticamente optimizan sus rutas.
- Uso de blockchain para facilitar transacciones, trazabilidad y auditorías energéticas, a través de la recopilación segura de datos.

A continuación, se muestran como las tecnologías emergentes, referentes a la cuarta revolución industrial afectarán el consumo de energía.

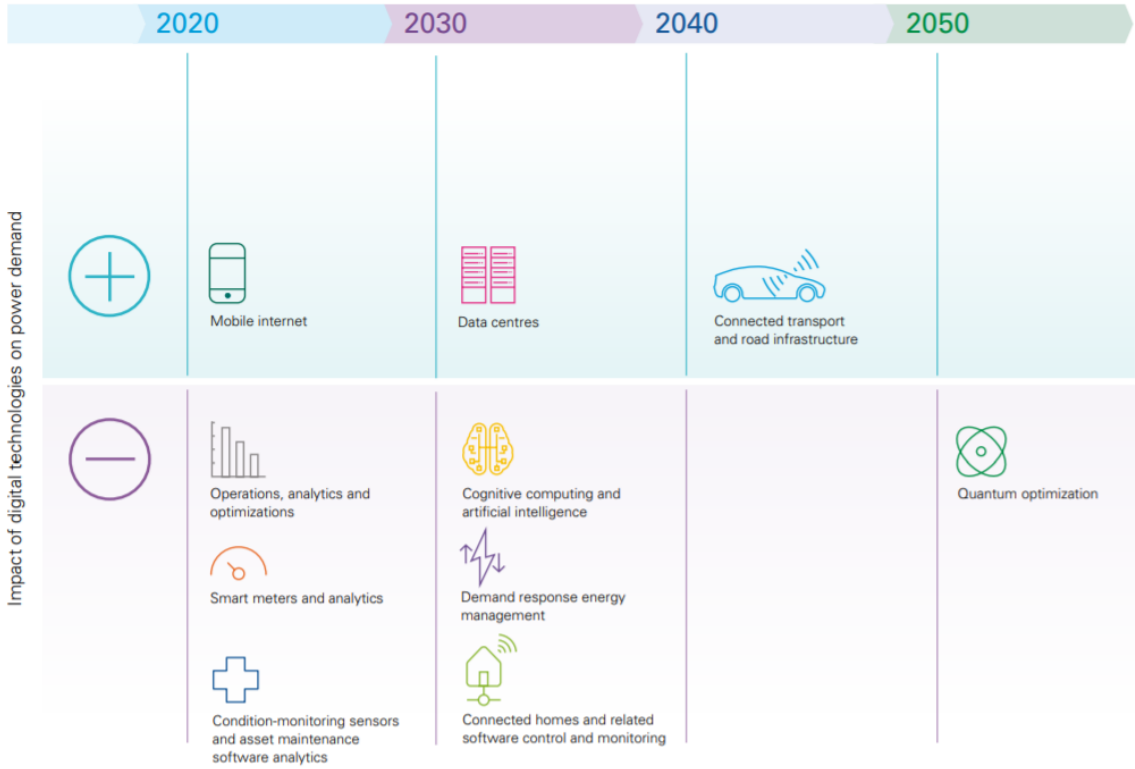

Figura 2.6: Tecnologías de la cuarta revolución industrial y su impacto en la demanda energética. Arriba se muestran aquellas que incrementarán la demanda de energía y abajo las que la disminuirán. Fuente: BP Technology Outlook 2018

En la actualidad, varias de las tecnologías antes descritas están en etapa de desarrollo y aún no han sido ampliamente difundidas e implementadas. La 2 que ya están en etapa de aplicación y operación son las técnicas de eficiencia energética y tecnologías que transformen energías renovables no convencionales (ERNC) para el uso del consumidor final.

2.1.1.5. Acciones actuales contra el cambio climático y desabastecimiento energético: ERNC y eficiencia energética

Debido a lo anterior, las acciones que empresas, gobiernos y personas naturales están tomando para superar esta crisis se centran en 2 ejes que permiten dar solución a sus desafíos, estos son:

- la implementación e incentivos asociados a la generación por fuentes de energía renovables no convencionales, y;
- la reducción del consumo de energía sin sacrificar la calidad de los bienes y servicios que se producen con ella, conocido como eficiencia energética.

En el plano internacional, existen diferentes organizaciones y estrategias que se dedican hoy a tratar estos ejes. Entre estas, destacan, por ejemplo:

- *Europe 2020*, la estrategia de desarrollo y crecimiento de la Unión Europea ha realizado estudios para generar impuestos verdes y sobre el consumo de energía, con tal de disminuir las emisiones y promover la eficiencia energética. (European Commission EU, 2017)
- *Energy Star*, programa de la Agencia de Protección del Medio Ambiente de los Estados Unidos de América, que promueve el uso y compra de equipos y edificios eficientes en los ciudadanos estadounidenses, así como la promoción de medidas que disminuyan los precios de estos equipos. Además, *Energy Star* promueve la implementación de tecnologías de generación de energía autónoma y renovable en edificaciones e industrias. (Energy Star, 2018)
- *IEA*, o *International Energy Agency*, es la organización que agrupa a países desarrollados (principalmente) y que funciona como banco de datos, de análisis y de soluciones en todos los combustibles y todas las tecnologías, ayudando a que gobiernos, industrias y personas tomen buenas decisiones energéticas. Su principales ejes de acción son: (i) asegurar el suministro energético; (ii) promover el desarrollo económico a través de la energía; (iii) generar conciencia sobre el medio ambiente y; (iv) fomentar el compromiso de todos los actores relevantes y en la sociedad con tal de resolver los desafíos energéticos y ambientales actuales (IEA, 2018)
- Acuerdo de París, conocido internacionalmente por ser el primer acuerdo vinculante entre 195 países sobre el clima. El acuerdo establece un plan para detener el calentamiento global muy por debajo de 2°C (hasta 1,5°C). Sus puntos principales incluyen: (i) reducir las emisiones a nivel de naciones y en ciudades; (ii) transparencia respecto a temáticas ambientales y energéticas; (iii) acordar continuamente objetivos más ambiciosos; (iv) reforzar la capacidad de las sociedades a la hora de afrontar las consecuencias del cambio climático; (v) ofrecer a los países en desarrollo una ayuda internacional a la adaptación mejor y más permanente. (Unión Europea, 2017)

Adicionalmente, se debe destacar el rol de la Organización del Desarrollo Industrial de las Naciones Unidas (UNIDO, por sus siglas en inglés), que en una de sus iniciativas se propone comprometer al mundo industrial con el medio ambiente y, buscando unificar criterios para la aplicación de estándares de gestión energética, encargó a la Organización Internacional de Estandarización (ISO, por sus siglas en inglés) la creación de una norma internacional para la gestión de la energía. En el año 2011, se lanza oficialmente la norma ISO 50001 de Sistemas de Gestión de la Energía (SGEs, de aquí en adelante), herramienta enfocada en el logro de mejoras en el consumo energético y uso de energías renovables de una institución, y que se une a la gama de sistemas de gestión integrados que la organización de estándares ya había normalizado, como los de gestión medioambiental (ISO 14001), salud y seguridad ocupacional (OHSAS 18001), calidad (ISO 9001), entre otros.

Los efectos del uso de eficiencia energética ya muestran sus efectos a nivel de emisiones y disminución del consumo de energía (ver Figuras 2.7 y 2.8, respectivamente).

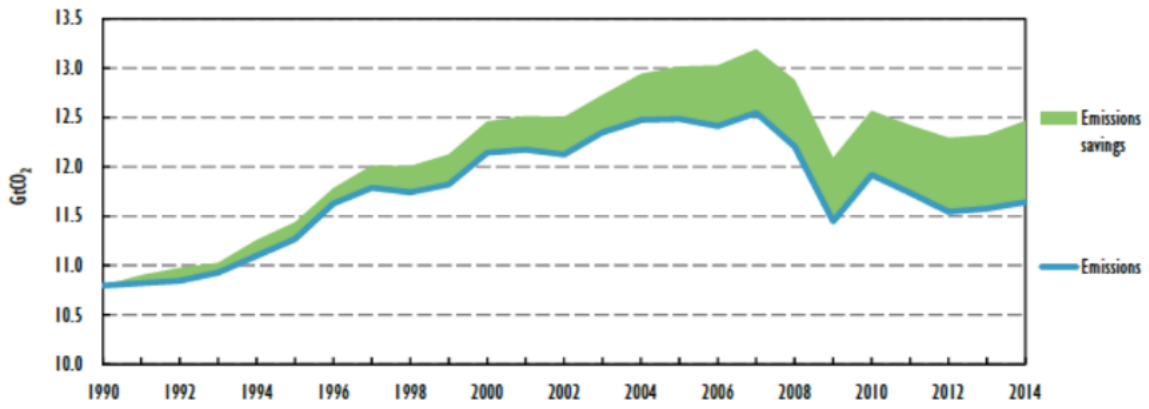

Figura 2.7: Reducción de emisiones de CO_2 ocurrida por gestión energética entre 1990 y 2014. Se muestran en verde los ahorros obtenidos. Fuente: IEA

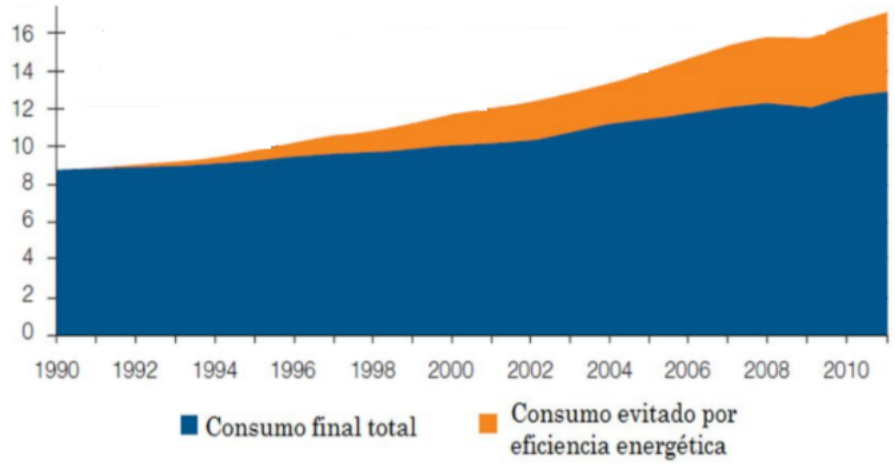

Figura 2.8: Reducción de consumo ocurrida por gestión energética entre 1990 y 2014, en Gtoe Se muestran en verde los ahorros obtenidos. Fuente: World Energy Perspective, World nergy Council, 2013

Adicionalmente, gracias a la aparición de estas nuevas iniciativas, tecnologías y sistemas de gestión de la energía ha comenzado a ocurrir un fenómeno que empieza a debilitar la relación entre PIB y consumo energético, conocido como *desacoplamiento energético*.

Si bien, a nivel global no es posible confirmar dicha tendencia, en la OCDE ya es una realidad constatada. En la Figura 2.9 es posible obsevar (en el gráfico de al medio, rotulado con *OECD*) que en intervalo de tiempo entre 2006 y 2016 el PIB y la productividad energética de los países desarrollados han crecido más de un 1 % y que, en el mismo período, el consumo de energía primaria ha disminuido; a pesar que en el 2017 el consumo de energía primaria haya crecido. En los países no OCDE y por ende, en el resto del mundo, no se observa la misma tendencia; en este caso se dice que aún existe *acoplamiento energético*.

Otra tendencia que se está dando nivel mundial, en esta misma línea, es que se registra una reducción de la inversión en el petróleo y el crudo, que se explica por el fomento de nuevas formas de generación de

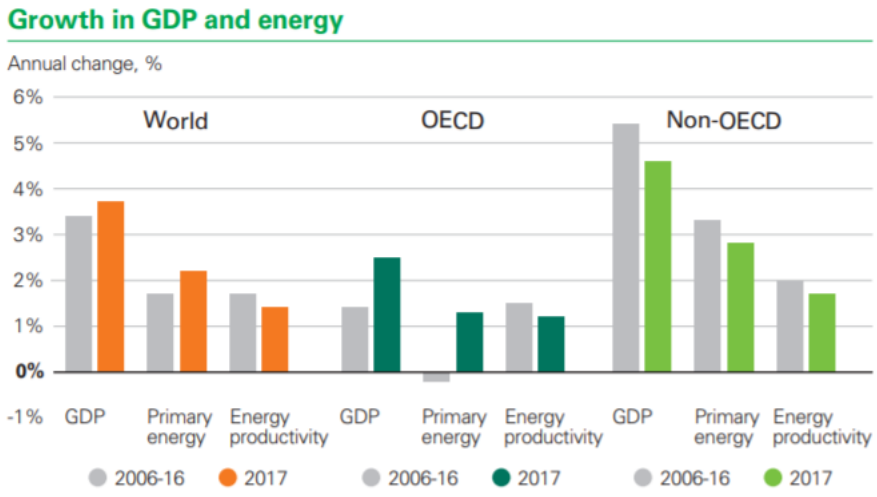

Figura 2.9: Se observa el desacoplamiento energético en la OCDE en los últimos 10 años, mientras que para los países fuera de la OCDE todavía es una realidad. Fuente: BP Statistical Review of World Energy 2018

energía. Entre estas alternativas se encuentran las tecnologías limpias (energías renovables) que cada vez adquieren más importancia en el mercado de la energía. En esta misma línea, se pronostica que para el 2040 las ERNC corresponderán al 60 % de la nueva capacidad de generación eléctrica, siendo competitiva sin subvención estatal alguna, presenciándose de aquí a dicha fecha: (i) reducciones de hasta 70 % en el costo medio de la energía solar fotovoltaica y de 25 % de la energía eólica cercana a las costas o onshore; (ii) desaparición de las subvenciones estatales en la India para energía solar fotovoltaica, como ejemplos del crecimiento del mercado para las nuevas fuentes energéticas y desarrollo de la curva de experiencia de la industria (International Energy Agency, 2016).

Un estudio adicional que respalda lo anterior es el *BP Statistical Review of World Energy 2018* (BP, 2018a); en él se destaca que en 2017 la participación de mercado del petróleo disminuyó levemente. Por otra parte, la participación de mercado del crudo cayó hasta un 27,6 % , el nivel más bajo desde 2004. El gas natural llegó a un record de 23,4 % dentro del consumo de energía primaria en el mundo, mientras que las fuentes renovables alcanzan un nuevo record de 3,6 % de participación. Adicionalmente, se observa que desde 1965 a la fecha, en promedio, la participación de mercado del crudo y el petróleo ha ido disminyuendo, siendo las 2 principales fuentes fósiles que generan gases de efecto invernadero (ver Figura 2.10).

Finalmente, debido a que esta problemática posee alcance internacional, los desafios y las nuevas soluciones que diferentes actores alrededor del mundo están promoviendo e implementando no son ajenos al contexto chileno, en el cual las organizaciones civiles y gubernamentales ya toman acciones respecto a las temáticas planteadas.

2.1.2. Contexto energético en Chile

2.1.2.1. Indicadores de consumo globales

El reporte *BP Statistical Review of World Energy 2018* caracteriza a Chile en términos energéticos globales con los siguientes indicadores:

- Consumo total 2017 (en mtoe): 38,3.
- Crecimiento porcentual entre 2017 y 2016: 2,2 %.
- Crecimiento porcentual entre 2006 y 2016: 1,7 %.

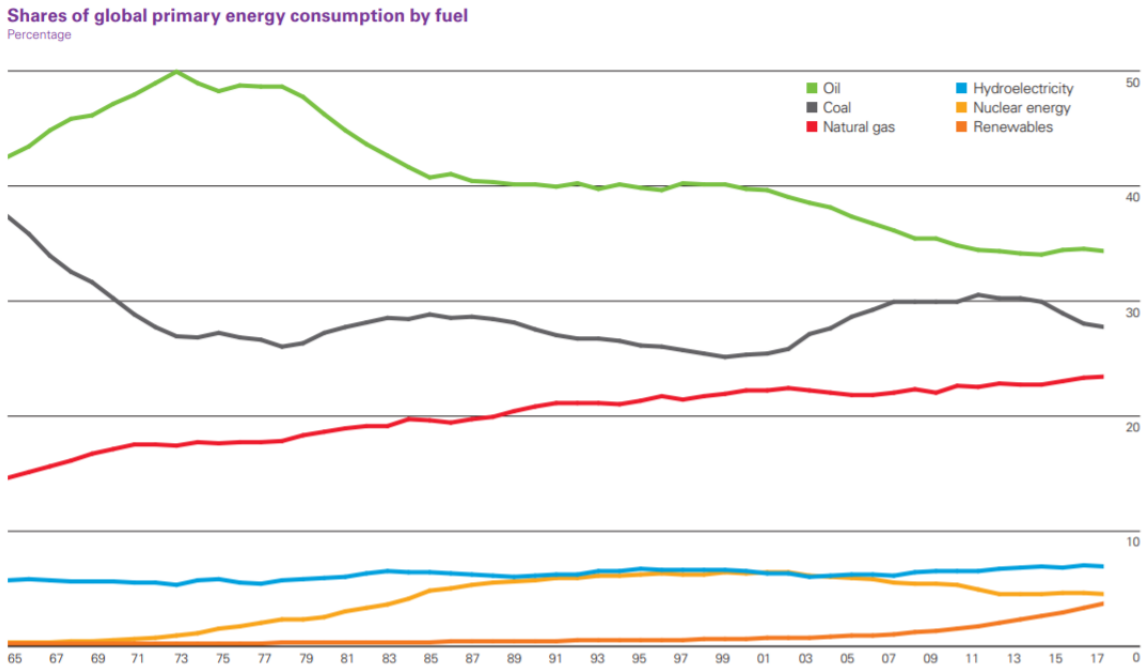

Figura 2.10: Línea temporal de la participación de mercado por tipo de combustible a nivel mundial. Se muestra: en gris, el crudo; en anaranjado, las energías renovables no convencionales; en azul, la hidroelectricidad; en amarillo, la energía nuclear; en rojo, el gas natural y; en verde, el petróleo. Fuente: BP Statistical Review of World Energy 2018

- Porcentaje de consumo respecto del total mundial a 2017: 0,3 %.

Adicionalmente, el mismo reporte muestra la tendencia de crecimiento a lo largo de los últimos años en el país (ver Figura 2.11).

Además, respecto del consumo total a nivel agregado, se observa un aumento en el consumo energético de 319 % entre el año 1990 y el año 2013 (desde 16,43 TWh a 68,87 TWh, respectivamente) (International Energy Agency, 2016)

Por otro lado, la tendencia internacional del acoplamiento energético en Chile también se repite (Vásquez, 2017).

Respecto de la producción nacional de electricidad, el *Anuario Estadístico de la CNE 2017*, calcula la capacidad instada energética en asciende a 22.580 MW. De estos, 17.115 MW (75,8 %) corresponden al Sistema Interconectado Central (SIC) y 5.228 MW (23,4 %) al Sistema Interconectado del Norte Grande (SING). El restante 0,8 % se reparte entre los Sistemas Eléctricos Medianos (SSMM, de Aysén y Magallanes), respectivamente. El total de capacidad instalada al 2017 se categoriza en un 55 % de termoelectricidad, 27 % de hidroelectricidad convencional y 18 % de ERNC. (CNE, 2018). En la Figura 2.12 se observa el cómo la oferta de electricidad ha ido subiendo los últimos 10 años.

2.1.2.2. Matriz energética nacional

Para definir de manera adecuada la matriz energética nacional, es necesario establecer la participación de diferentes energéticos a nivel de energía primaria y secundaria.

Respecto a la matriz energética primaria, ésta muestra la participación que tienen los energéticos capturados directamente de recursos naturales (como crudo, petróleo, gas natural, hidroelectricidad, energía nuclear y ERNC) en el consumo total, y se determina por la producción, importación, exportación y variación de inventario de los distintos recursos energéticos primarios.

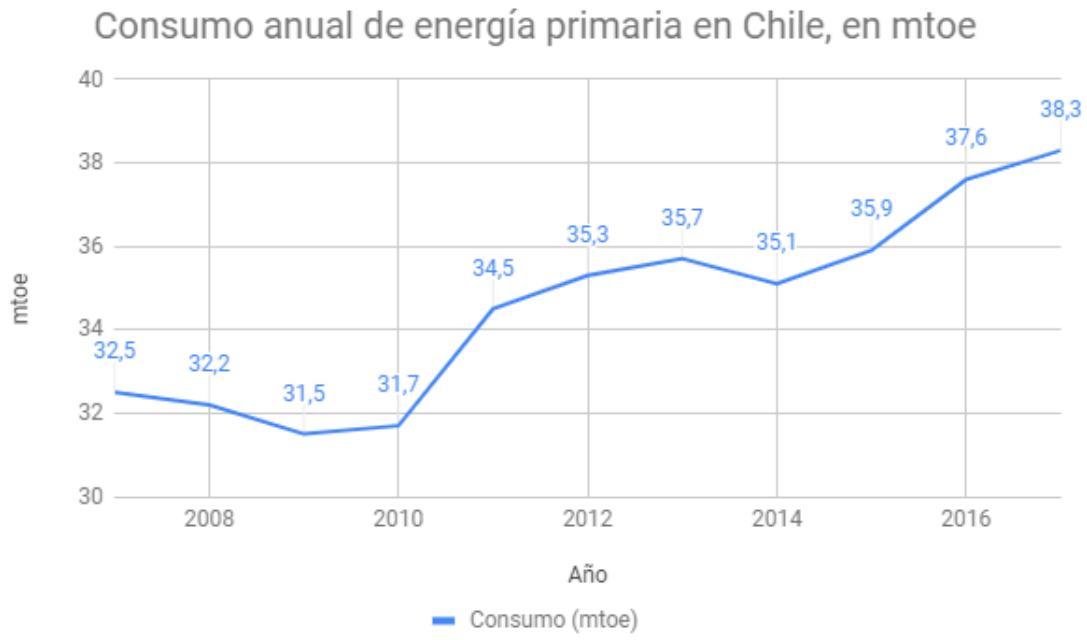

Figura 2.11: Linea temporal del consumo energético chileno en los últimos 10 años, en mtoe. Fuente: Elaboración propia, con datos de BP Statistical Review of World Energy 2018

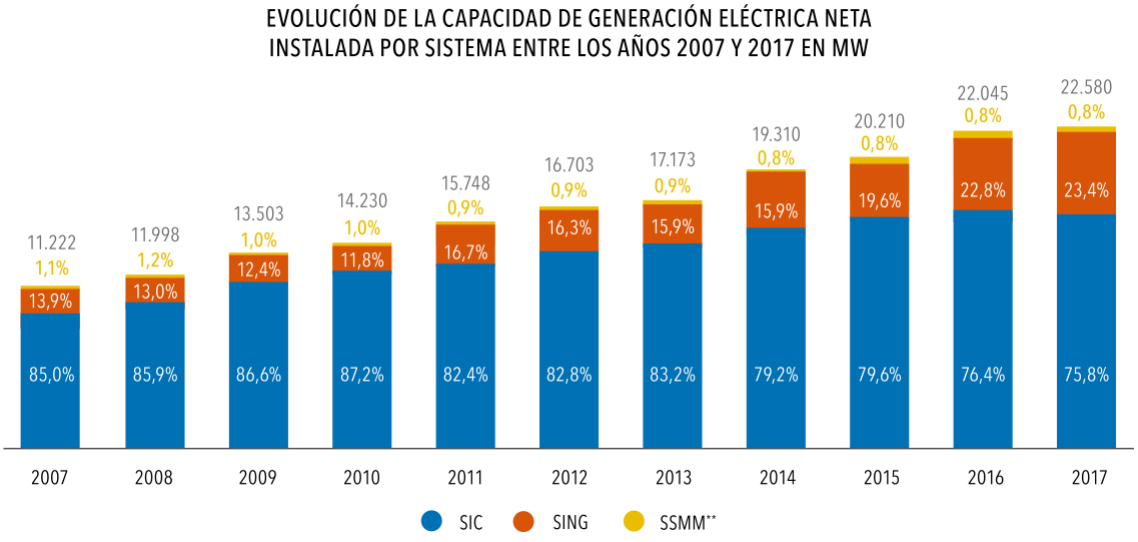

Figura 2.12: Evolución de la capacidad instalada desde 2007 en Chile por sistema eléctrico. Fuente: Anuario Estadístico de la CNE 2017.

En el año 2016, la matriz energética primaria en Chile fue de 317.060 teracalorías (Tcal), en la cual los recursos fósiles (petróleo crudo, carbón mineral y gas natural) representaron 68 % del total, destacándose además la participación en el mercado energético de un 25 % de biomasa. (**?**).

Respecto del consumo final de energía (también conocido como matriz energética secundaria), el cual corresponde a la energía destinada a los sectores consumidores de la economía nacional, tanto para uso energético como no energético; el consumo final en el año 2016 fue de 284.777 Tcal, mientras que en el 2015

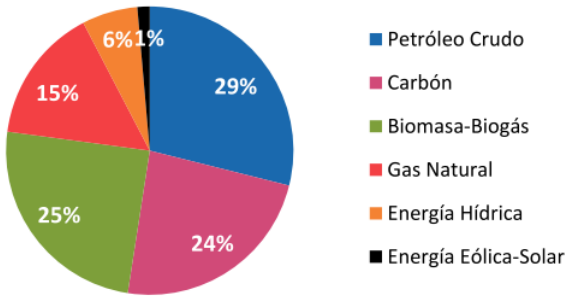

Figura 2.13: Matriz energética primaria chilena al 2017. Fuente: Balance Energético 2016, Ministerio de Energía de Chile.

fue de 278.073 Tcal, distribuyéndose el consumo como muestra la Figura 2.14

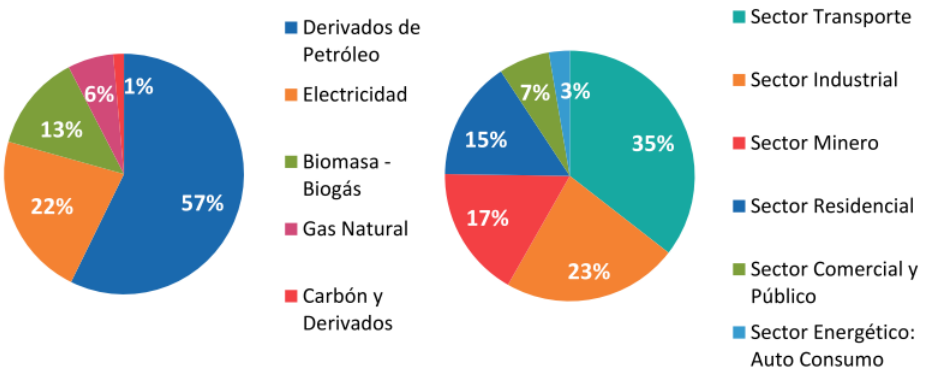

Figura 2.14: Matriz energética primaria chilena al 2017. Fuente: Balance Energético 2016, Ministerio de Energía de Chile.

Lo planteado en las Figuras 2.13 y 2.14 significa que el país utiliza mayoritariamente fuentes que generan GEI y que además, no son renovables; por lo que el país cae en riesgo de padecer desabastecimiento energético en los próximos años.

2.1.2.3. Eficiencia energética y ERNC en Chile

Es por esta razón que en el territorio nacional se han levantado diferentes iniciativas públicas y privadas en las últimas décadas, las que se preocupan de mitigar los factores de riesgo para el desabastecimiento energético y las emisiones; además de dar a conocer y practicar el concepto de eficiencia energética.

La primera inciativa respecto de la energía en el país ocurrió en 2009, cuando se crea el Programa País de Eficiencia Energética, con el propósito de obtener un diagnóstico de la situación del sector industrial, en lo que se refiere al consumo de energía (gas, electricidad, diesel, leña, etc.) en las empresas. Y de ahí en adelante comienza a tomar relevancia el tema a nivel nacional.

Luego ese mismo año, con base a la necesidad constatada en la sociedad de generar organismos que fiscalicen y reduzcan el consumo de energía en los diferentes sectores económicos, es que se crea el Ministerio de Energía y, un año más tarde la AChEE (Asociación Chilena de Eficiencia Energética), fundación sin fines de lucro cuya misión es:

> Fortalecer y consolidar el uso eficiente de la energía articulando a los actores relevantes, a nivel nacional e internacional, e implementando iniciativas público-privadas en los distintos

sectores de consumo energético, contribuyendo al desarrollo competitivo y sustentable del país (Agencia de Sostenibilidad Energética (ex AChEE), 2010)

Las acciones y biblioteca que esta organización ha generado, con diferentes guías y programas educativos, han logrado facilitar el acceso a metodologías de aplicación en eficiencia energética, certificaciones, promoción e implementación del uso de energías renovables no convencionales, implementación de sistemas de gestión de la energía y educación de stakeholders en temas energéticos.

Finalmente, en los años 2015 y 2018 el Gobierno de Chile lanza la Política Energética de Chile y la Ruta Energética 2018-2022; respectivamente.

La Política Energética de Chile es la estrategia que establece el compromiso del Estado hacia la eficiencia energética y sustentabilidad, con acciones que poseen un alcance temporal de 35 años, hasta 2050. En ella se definen los principales linemientos de trabajo, actividades e indicadores respecto al uso de energía y promoción de fuentes de energía renovables no convencionales.

En ella se destaca que:

> La energía es un factor clave y estratégico para alcanzar las metas de desarrollo económico y social ... Cuando la energía se obtiene y utiliza de manera óptima, se genera un círculo virtuoso ... permitiendo así a la sociedad avanzar hacia un desarrollo equitativo y sustentable.". (Ministerio de Energía de Chile, 2015)

Y sus principales objetivos, al 2050, se muestran en las Figuras 2.15 y 2.16.

Figura 2.15: Objetivos 1 al 5 de Energía 2050: la Política Energética de Chile. Fuente: Ministerio de Energía de Chile.

Por otra parte, la Ruta Energética 2018-2022 corresponde a una estrategia de mediano plazo situada en el gobierno actual, que permite avanzar en los lineamientos establecidos por la Política Energética de Chile que estaban planificados para este cuatrienio (Ministerio de Energía del Gobierno de Chile, 2018).

Ahora, este trabajo de investigación se enmarca en los centros de salud, por lo que es necesario describir su situación actual respecto de los temas de eficiencia energética y uso de energías renovables; además de establecer si existen o no políticas a nivel nacional que retraten específicamente las necesidades en gestión energética por parte de estos establecimientos, ya sea públicos o privados.

Figura 2.16: Objetivos 6 al 10 de Energía 2050: la Política Energética de Chile Fuente: Ministerio de Energía de Chile.

2.1.3. Contexto energético del sector salud en Chile

A nivel del sector salud chileno, se puede hacer distinición entre el sector público (es decir, todos los establecimientos y hospitales que dependen del Ministerio de Salud o de las municipalidades) y el sector privado (centros administrados por personas jurídicas con o sin fines de lucro).

Esta memoria se centra en centros de tipo público, específicamente administrados por municipalidades; pero de todos modos resulta importante contextualizar la realidad energética de los centros privados, ya que han sido principalmente estos los cuales han implementado medidas referentes a la energía y obtenido certificaciones internacionales en estos temas, por lo que son un referente en temás de gestión de la energía para el sector público.

Entrando en materia, a nivel cuantitativo, el sector público, según el Balance Nacional de Energía 2016 del Ministrerio de Energía (Ministerio de Energía, 2018), consume un 1 % de la energía a nivel país; y, una parte de ese porcentaje es de centros de salud.

Si bien la cantidad de energía usada en salud es relativamente baja respecto del consumo total nacional, en la última década se han levantado diferentes iniciativas y estrategias que promueven la eficiencia energética, la implementación de Sistemas de Gestión de la Energía y el uso de energías renovables no convencionales (ERNC) en el sector salud, impulsadas tanto por el Gobierno como personalidades jurídicas con y sin fines de lucro.

En la actualidad se destacan 3 principales iniciativas, una pública y dos privadas, que tienen por objetivo generar y potenciar la gestión energética al interior de este tipo de establecimientos.

2.1.3.1. Ruta energética del Ministerio de Energía de Chile 2018-2022

En la Ruta energética del Ministerio de Energía de Chile 2018-2022, se declara en el eje N°2 lo siguiente:

> Realizaremos un levantamiento de los establecimientos con rol público que no tienen acceso a energía eléctrica o agua caliente sanitaria o con suministro deficiente. Con base esta información comenzaremos un trabajo conjunto con distintas instituciones para mejorar el suministro energético de establecimientos como escuelas, postas y otros establecimientos de salud, pasos fronterizos, retenes de carabineros, oficinas de guardaparques, entre otros. Asimismo, abordaremos un programa especial para escuelas rurales interculturales, para mejorar el acceso a agua caliente y calefacción eficiente en estos establecimientos. (Ministerio de Energía del Gobierno de Chile, 2018)

Esto indica que el Estado ha mostrado interés por establecer mejoras en energía a nivel de levantamiento e implementación en los próximos 4 años, tanto a nivel de establecimientos grandes de salud, como de otros rurales y/o locales.

2.1.3.2. PEEEP: Programa de Eficiencia Energética de Edificios Públicos

El PEEEP es un programa de la Agencia de Sostenibilidad Energética (ex Agencia Chilena de Eficiencia Energética) centrado en la intervención de edificios que cumplmen un rol social (como lo son los centros de salud dependientes del Estado y municipalidades), a través del diagnóstico, implementación, medición & verificación y capacitación en temas energéticos.

A la fecha se han realizado proyectos en los hospitales San José, de Arica, Regional de Coyhaique y Clínico de Magallanes con diferentes resultados positivos. En términos generales, se han obtenido las siguientes estadísticas. (Agencia de Sostenibilidad Energética, 2014)

- Inversión: 821,000 $[USD]$
- Payback promedio de las medidas: $1,6$ años.
- Ahorro: $7,3[GWh\ anuales] = 4655[ton]$ de CO2 equivalente no emitidas.

Además, se encuentran en etapa de implementación de proyectos para el Hospital Barros Luco y Hospital Militar. Por otra parte, también se han enfocado en medidas de cero inversiones (campañas educativas, principalmente) en Hospital El Pino, Exequiel González Cortés y Hospital Naval, lo que dará como resultado un documento de buenas prácticas y análisis de brechas para implementar SGE basados en ISO 50001.

2.1.3.3. Red Global de Hospitales Verdes de la Organzación Salud sin Daño

En 2012, a través de una serie de eventos alrededor del mundo, se lanzó la *Red Global de Hospitales Verdes y Saludables*, una iniciativa de *Salud sin Daño* que reúne a hospitales, centros de atención de la salud, sistemas de salud y organizaciones profesionales y académicas vinculadas con el sector que buscan reducir su huella ecológica y promover la salud ambiental pública (Salud sin Daño, 2012)

Esta Organización también certifica hospitales, específicamente a través de la certificación *Green Guide for Health Care*, que no sólo se enfoca en eficiencia energética y estructuras sustentables, sino que en excelencia en alimentación y manejo de residuos.

Específicamente en Chile, la organización destaca por 2 acciones:

- Los hospitales de la red asistencial de Chiloé están adheridos desde al año 2014 a la red establecida por *Sin Daño*. Es por esto que para mejorar su gestión energética, cada hospital cuenta con un Comité de Hospitales Verdes y Saludables conformado por funcionarios de los mismos establecimientos, de distintos servicios y unidades, definidos mediante resolución, los que son apoyados por la Unidad de Prevención de Riesgos y Gestión Ambiental del Servicio de Salud Chiloé.(Ministerio de Salud del Gobierno de Chile, 2016)
- Obtención de la certificación *Green Guide for Health Care* por parte de la Clínica Dávila. (Revista Energía, 2015)

2.1.3.4. Medidas de eficiencia energética e implementación de ERNC en el sector de salud público de Chile

A continuación, se presentan en la tabla 2.1 diferentes medidas de eficiencia energética en centros de salud públicos, con datos del Ministerio de Salud de la República de Chile, y que muestran las acciones que se están llevando a cabo y que tienen relación con los programas y estrategias antes mecionadas.

Tabla 2.1: Principales medidas de eficiencia energética realizadas en centros de salud pública en Chile. Fuente: Elaboración propia.

Casos de éxito de MEE y SGE en Chile				
Nombre centro	# Camas	Inversión	Tecnología	Resultados
Hospital de Castro	113	200 MMCLP	Bombas de calor / sistemas de automatización / cambio luminarias a LED / mejoras aislación térmica ACS.	Reducción del 32 % consumo de combustible
Hospital San José	557	60 MMCLP	Reconversión de calderas y otras de respaldo/ intercambiadores de calor de placas / implementación de válvulas termostáticas radiadores	Reducción 1,6 GWh en GNL se recuperó la inversión en 9 meses.
Hospital de Osorno	371	340 MMCLP	Calderas de condensación / sistemas de automatización de calderas	Reducción del 30 % del costo de su energía.
CESFAM Futrono & Lago Ranco	-	-	Cambios luminaria a LED / optimizar uso de calderas / educación de residentes / condensadores para FP	Reducciones de 26 % consumo eléctrico y 15 % en combustibles
CESFAM Sibaya	-	-	Implementación sistema de electrificación solar	Iluminación 100 % en base a ERNC, por lo que costo de energía se reduce a mantenciones.

2.1.3.5. Medidas de eficiencia energética e implementación de ERNC en el sector de salud privado de Chile

Para finalizar, en el contexto nacional se establecen notables diferencias en lo referente a la gestión de la energía, uso de tecnologías con fuentes renovables de alimentación y medidas de eficiencia energética entre los sectores público y privado.

En Chile, el sector privado posee casos de éxito a un nivel de inversión, impacto y grado tecnológico mayor a los incipientes esfuerzos y aisladas medidas que se presentan en el sector público.

Los casos más destacados en este ámbito se obsevan en la Clínica Dávila y Clínica Santa María. Ambas han alcanzado certficaciones y premios en lo referente a energía. A continuación, se presentan las principales medidas y logros en estos centros:

- Clínica Santa María (Clínica Santa María, 2017)
  - Implementación de sistemas de aerotermia para calentar agua caliente sanitaria, lo que implican la extracción de energía del ambiente mediante una bomba de calor, reduciendo a cero el consumo de gas en algunas zonas de la clínica.
  - Obtención de la certificación ISO 50001, el primer centro de salud del país en hacerlo.
  - Primer centro de salud en Chile en acreditar que su energía eléctrica proviene 100 % de fuentes limpias (obtención *Sello Verde* de Enel Distribución).
- Clínica Dávila (Revista Energía, 2015)
  - Instalación 264 paneles solares que permiten calentar 70.000 litros diarios de agua, disminuyendo la emisión a la atmósfera de 230 toneladas de CO_2 al año.
  - Reducción del vertido de sustancias químicas no amigables con el medioambiente al alcantarillado en los procesos de laboratorio y desinfección de instrumentos.
  - Implementación por parte del área de servicios energéticos de Clínica Dávila de un cambio de más de 3.000 luminarias LED, que permiten disminuir aproximadamente en 10 toneladas al año la emisión de CO_2 a la atmósfera.
  - Obtención de la certificación Green Guide for Health Care, de la organización Salud sin Daño, que no sólo se enfoca en eficiencia energética y estructuras sustentables, sino que en excelencia en alimentación y manejo de residuos

Entonces, a la luz de los antecedentes mostrados, se infiere que en Chile existe un creciente interés en la implementación de políticas, sistemas de gestión y medidas de eficiencia energética; así como también un creciente compromiso por parte de autoridades gubernamentales y alta gerencia de establecimientos de salud (privados y públicos) en comprometer los recursos para alcanzar los objetivos de las acciones para mejorar el desempeño energético.

2.1.4. Rol de una municipalidad en la gestión de centros de salud y energía: El caso de la Municipalidad de Providencia

Este trabajo se enfoca en el diseño de un sistema de gestión de la energía para centros de salud administrados por una municipalidad. De ahí que es importante contextualizar respecto del papel que desempeñan las municipalidades en Chile, y en particula la Municipalidad de Providencia, sobre la administración de activos energéticos de los establecimientos que dependen de ellas; además de conocer cómo implementar políticas, estrategias, diseño de sistemas de gestion y medidas de eficiencia energética calza con su misión municipal.

Lo anterior es relevante debido a que la misión es aquello que la alta administración de los centros concibe como la razón de todas sus acciones. Si la misión calza con la implementación de medidas de

eficiencia y SGEn's, las probabilidades de éxito en la implementación aumentan considerablemente (de Laire et al., 2018).

A la hora de hablar del rol municipal sobre la gestión de centros de salud es necesario establecer 3 tópicos principales:

- Ley Orgánica Constitucional de Municipalidades.
- Misión Municipal y lineamientos estratégicos.
- Organizaciones municipales que gestionan la salud.
- Organigrama y tipos de centros que administran las municipalidades.

2.1.4.1. Ley Orgánica Constitucional de Municipalidades.

La ley que rige a las labores que deben realizar las municipalidades al servir a la comunidad circundante se explicitan en la Ley Orgánica Constitucional de Muncipalidades (Ley 18.695).

Dicha Ley (Biblioteca del Congreso Nacional de Chile, 2018), en el párrafo 2°, se desprenden las siguiente funciones para la Municipalidad de Providencia:

1. Elaborar, aprobar y modificar el plan comunal de desarrollo cuya aplicación deberá armonizar con los planes regionales y nacionales.
2. La planificación y regulación de la comuna y la confección del plan regulador comunal, de acuerdo con las normas legales vigentes.
3. La promoción del desarrollo comunitario.
4. Aplicar las disposiciones sobre transporte y tránsito públicos, dentro de la comuna, en la forma que determinen las leyes y las normas técnicas de carácter general que dicte el ministerio respectivo.
5. Aplicar las disposiciones sobre construcción y urbanización, en la forma que determinen las leyes, sujetándose a las normas técnicas de carácter general que dicte el ministerio respectivo.
6. El aseo y ornato de la comuna. Respecto a los residuos domiciliarios, su recolección, transporte y/o disposición final corresponderá a las municipalidades, con excepción de las que estén situadas en un área metropolitana y convengan con el respectivo gobierno regional que asuma total o parcialmente estas tareas. Este último deberá contar con las respectivas autorizaciones de las Secretarías Regionales Ministeriales de Vivienda y Urbanismo, de Medio Ambiente y de Salud.

Además de poder realizar, en conjunto con el Estado de Chile, las siguientes gestiones y labores al interior de la comuna:

1. La educación y la cultura.
2. La salud pública y la protección del medio ambiente.
3. La asistencia social y jurídica.
4. La capacitación, la promoción del empleo y el fomento productivo.
5. El turismo, el deporte y la recreación.
6. La urbanización y la vialidad urbana y rural.
7. La construcción de viviendas sociales e infraestructuras sanitarias.
8. El transporte y tránsito públicos.
9. La prevención de riesgos y la prestación de auxilio en situaciones de emergencia o catástrofes.

10. El desarrollo, implementación, evaluación, promoción, capacitación y apoyo de acciones de prevención social y situacional, la celebración de convenios con otras entidades públicas para la aplicación de planes de reinserción social y de asistencia a víctimas, así como también la adopción de medidas en el ámbito de la seguridad pública a nivel comunal, sin perjuicio de las funciones del Ministerio del Interior y Seguridad Pública y de las Fuerzas de Orden y Seguridad.
11. La promoción de la igualdad de oportunidades entre hombres y mujeres.
12. El desarrollo de actividades de interés común en el ámbito local.

De aquí que el Estado delega a las municipalidades el realizar un trabajo conjunto para gestionar la salud pública y la protección del medio ambiente. Por esto es que las municipalidades, en conjunto con el Ministerio de Salud administran centros comunitarios de atención primaria para los vecinos inscritos; además de incorporar en programas de eficiencia energética y gestión medioambiental.

2.1.4.2. Misión municipal, lineamientos estratégicos y acciones en gestión energética

Ahora, la razón de ser de la institución y cómo se ve a futuro son parte fundamental para que las planificaciones y estrategias energéticas puedan ser exitosas.

La organización se rige por el(la) Alcalde(sa) y el Concejo Municipal, quienes son los principales encargados de administrar la labor de la Municipalidad en concordancia con lo que la Ley 18.695 exige a cada uno de estos entes. De esta manera, son estos cargos los que deben encargarse de lograr que la estrategia, misión y visión municipal calcen con lo exigido con ley y que estas alcancen sus objetivos.

En el caso específico de Providencia, la misión y visión institucional dice:

- **Misión**: Somos una Municipalidad orientada a entregar una gestión de calidad e innovadora hacia sus vecinos y contribuyentes, involucrando a todos sus funcionarios en la mejora continua de los servicios empleando los recursos municipales de manera eficiente, ordenada y transparente.
- **Visión**: Queremos ser una Municipalidad que invierta en el cuidado de nuestros vecinos y del medio ambiental en nuestras actividades diarias, en la cultura y en el desarrollo económico, para hacer de la comuna de Providencia un lugar seguro, deseable para vivir, prosperar, visitar e invertir.

Es de vital importancia destacar, respecto de lo anterior, que la misión y visión incluyen 2 conceptos centrales que se emparentan con la gestión energética: (i) uso eficiente de los recursos y; (ii) hacer que Providencia prospere.

Por otra parte, para el cumplimiento en la práctica de lo exigido por ley, el marco legal obliga a las municipalidades a construir tres instrumentos de gestión: Plan de Desarrollo Comunal (PLADECO), Plan Regulador, Presupuesto, los cuales una vez creados con las formalidades legales, deben enmarcar su actuar. El documento más importante y que rige a los otros dos es el PLADECO.

El PLADECO plantea una estrategia de desarrollo, el plan regulador es el instrumento de planificación territorial del municipio e indica cómo se deben distribuir los distintos tipos de edificación, áreas verdes, zonas de recreación, entre otros, y; el presupuesto, que corresponde a la previsión de dinero necesario para funcionar, considerando ingresos, costos, gastos y pasivos que son parte de la contabilidad de la Municipalidad.

Con base en lo anterior, en el caso específico de Providencia (Municipalidad de Providencia, 2013), la Alcaldesa y el Concejo Municipal establece labores para cada una de las Direcciones de la Muncipalidad y las otras organizaciones dependientes de ella:

- Desarrollo de Comunidad.
- Desarrollo Social.
- Barrios acogedores y con identidad.
- Comuna sustentable.

- Desarrollo e innovación.

Por lo que la sustentabilidad es un punto relevante dentro de lo que realiza la organización en los próximos años.

Además, esta municipalidad opera en base a las necesidades y expectativas de vecinos y contribuyentes (quienes son sus principales stakeholders), con base en lo anterior ha levantado 3 tipos de procesos que componen su orgánica institucional; estos son:

- Procesos estratégicos: Incluyen a los 3 instrumentos antes nombrados; Plan Regulador, PLADECO y Presupuesto. Integra además la revisión por parte de la alta dirección respecto a los indicadores.
- Procesos operativos: son aquellos que permiten satisfacer necesidades (que tengan que ver con la ley 18.695 y la planificación estratégica) en el corto plazo para los grupos de interés. Incluyen los servicios (i) sociales y culturales;(ii) comunitarios y de participación ciudadana;(iii) turismo, deportivos y recreativos;(iv) públicos;(v) territoriales;(vi) medioambiente y emergencias comunales y (vii) patentes y permisos municipales.
- Procesos de Apoyo: Incluyen los procesos de las áreas que no tratan directamente con los vecinos y contribuyentes, estos son la gestión de RRHH, asesoría jurídica, gestión financiera, comunicaciones, gestión tecnológica, de compras e infraestructura.

A continuación, se muestra cuadro resumen de los procesos de la Municipalidad (Ver Figura 2.17).

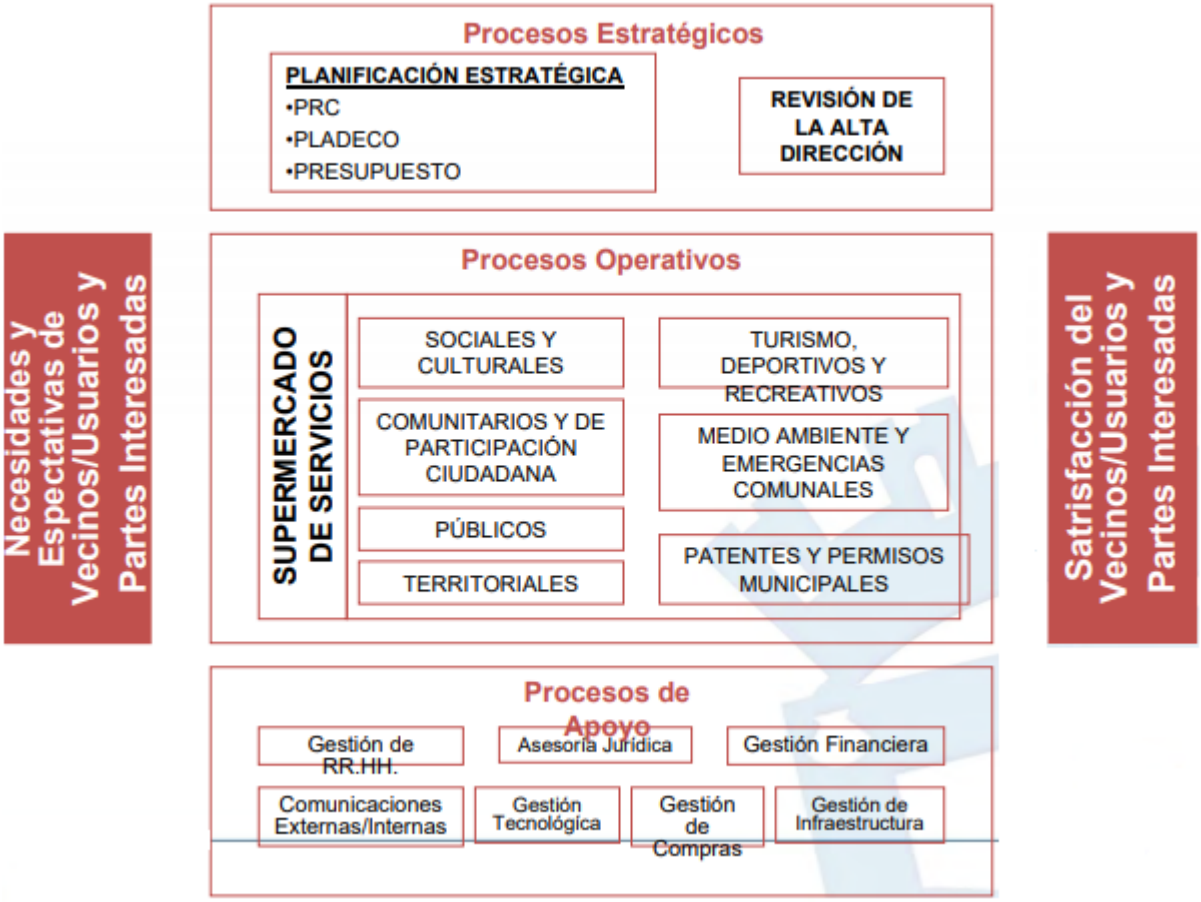

Figura 2.17: Mapa general de procesos de la Municipalidad de Providencia. Fuente: Municipalidad de Providencia, *Modelo de Gestión Integral: Gobiernos Locales con Gestión Confiable Sistema Integral de Calidad*. Fuente: Municipalidad de Providencia.

En el ámbito de la energía, el área encargada de gestionarla es el Departamento de Medio Ambiente. Este Departamento se dedica principalmente a gestionar diferentes aspectos relacionados con la sustentabilidad energética, temas relacionados con el tratamiento de residuos y cuidado de la biodiversidad; todo esto bajo un marco estándar de trabajo asociado a los procedimientos ISO 9001 y 14001.

La misión del Departamento de Medio Ambiente es la siguiente:

> El rol principal de la Municipalidad en esta temática consiste en el desarrollar planes, políticas, programas y acciones que permitan a la comuna avanzar en diferentes aspectos medioambientales y sociales. Algunos de estos son: gestión sustentable de residuos, educación ambiental (formal y no formal), gestión sustentable de la energía, movilidad urbana sustentable y promoción de hábitos verdes, entre otros (Municipalidad de Providencia, 2015)

La áreas del Departamento de Medio Ambiente se pueden definir como:

Figura 2.18: Áreas del Departamento de Medio Ambiente. Fuente: Elaboración Propia.

Las áreas de acción que se trabajan en el Departamento se muestran en la Figura 2.18. Además, enviado por el área de Energía, tuve que trabajar en algunos momentos con el Departamento de Administración y Finanzas de la Corporación de Desarrollo Social de Providencia.

La labor que ejecuta el Departamento de Medio Ambiente principalmente se centra en el eje *Comuna Sustentable* del PLADECO. Estas labores son:

- Ampliar y mejorar la red de puntos de reciclaje en parques y plazas de la comuna.
- Fomentar el reciclaje en edificios de condominios y oficinas de Providencia.
- Catastrar hogares, comunidades e instituciones que reciclan y destacarlos públicamente.
- Fomentar la organización de los recicladores de la comuna.
- Impulsar el Programa Providencia recicla ayudando.

- Fortalecer el programa de reciclaje de aceite en desuso en hoteles, restaurantes, colegios y cafeterías de Providencia.
- Realizar campañas de reciclaje de residuos eléctricos y electrónicos
- Realizar campañas de reciclaje de libros en cafés literarios y bibliotecas de Providencia.
- Realizar campañas de reciclaje de residuos vegetales y restos de poda.
- Capacitar a la comunidad escolar de establecimientos educacionales de la comuna en eficiencia energética.
- Desarrollar políticas de apoyo y capacitación dirigidas a los vecinos de la comuna para promover el uso eficiente de la energía.
- Fomentar la construcción de Techos Verdes en edificaciones de la comuna.
- Fomentar el uso de energías sustentables.
- Impulsar la certificación de la gestión ambiental de todos los procesos del Municipio y de sus instituciones dependientes.
- Implementar un Programa de Eficiencia Energética para el ahorro de recursos de los edificios públicos.
- Definir y aplicar estándares promovidos por la Agencia Chilena de Eficiencia Energética (AChEE), para regular la adquisición de insumos para el alumbrado público y la mantención de todas las instalaciones públicas de la comuna.
- Usar camiones con tecnología de baja emisión de ruidos y baja emisión de contaminantes en el sistema de recolección de RSD.
- Implementar un programa de disminución de consumo de agua potable para riego.
- Promover la reducción, reutilización y reciclaje de residuos generados por recintos municipales.
- Realizar un catastro de árboles.
- Reforestar con especies nativas.
- Eliminar paulatinamente pavimentos en parques.
- Generar un programa de fomento a los huertos urbanos.
- Implementar un Programa de Educación Ambiental para Establecimientos Educacionales de Providencia.
- Promover y apoyar el Proceso de Certificación Ambiental de Establecimientos Educacionales SNCAE.
- Fortalecer el programa de charlas «Gestión Ambiental Providencia» para Juntas de Vecinos.
- Fortalecer programa de stand y punto limpio móvil «Providencia ambientalmente amigable».

Por otra parte, el área de energía comprende todos la planificación e implementación de todos los proyectos registrados en la Estrategia Energética Local y la Futura Estrategia Hídrica Local.

2.1.4.3. Organizaciones municipales que gestionan la salud.

En Chile, generalmente la gestión de la salud a nivel municipal la desarrollan corporaciones de desarrollo social (CDS).

La definición de CDS según la Contraloría General de la República de Chile es:

> En términos generales las corporaciones municipales son entidades de carácter privado que desarrollan funciones propias de los municipios. (Contraloría General de la República, 2015)

En el caso propio de Providencia, la CDS es el organismo privado sin fines de lucro, que es propietaria y administra los establecimientos educacionales y los centros de salud dependientes del municipio.

En este caso se tiene que la gestión de la energía, a nivel de alta administración, en centros de salud pasaría por dos instituciones, primero la Municipalidad a través del Departamento de Medio Ambiente y segundo por la CDS de Providencia.

2.1.4.4. Organigrama y tipos de centros que administran las municipalidades.

Las municipalidades administran principalmente centros que se encargan de la atención de salud primaria que es el primer nivel de contacto de los individuos, la familia y la comunidad con el sistema público de salud, brindando una atención ambulatoria.

Esta atención es brindada por Centros de Salud (CES), Centros de Salud Famliar (CESFAM, antiguamente, consultorios), Centros Comunitarios de Salud Familiar (CECOF o CECOSF, que brindan atención bajo el amparo de un CESFAM), Postas de Salud Rurales (PSR) y Servicio de Atención Primaria de Urgencia (SAPU). Todos estos centros son adminsitrados por municipalidades.

El objetivo de la Atención Primaria es entregar atención equitativa y de calidad, enfocada en las personas y sus familias, específicamente en lo preventivo y promocional, es decir, anticipándose a la enfermedad, bajo el Modelo de Salud Integral con Enfoque Familiar y Comunitario.(Servicio de Salud Metropolitano Norte, 2018)

Adicionalmente, las municipalidades han incorporado también los centros de salud mental (COSAM), Centros de Especialidades Odontológicas (CEO) y Farmacias Comunitarias, en las que se venden los medicamentos a precios rebajados para quienes tengan una situación económica más desfavorecida.

La definición de las labores de cada centro según el Ministerio son:

- **CES:** Entregan cuidados básicos en salud,que incluyen promoción, prevención, curación, tratamiento, cuidados domiciliarios y rehabilitación de la salud; y atienden en forma ambulatoria.
- **CESFAM:** cumple la misma función de un CES, pero la diferencia entre un CES y un CESFAM es que en este último se trabaja bajo el Modelo de Salud Integral con Enfoque Familiar y Comunitario, y por tanto, se da más énfasis a la prevención y promoción de salud, se centra en las familias y la comunidad, da importancia a la participación comunitaria, trabaja con un equipo de salud de cabecera que atiende a toda la familia en salud y enfermedad durante todo el ciclo vital y con estas acciones pretende mejorar la calidad de vida de las personas.
- **CECOSF:** un Centro Comunitario de Salud Familiar brinda atenciones básicas de salud y trabaja al alero de un CES o CESFAM, dependiendo de éstos para prestaciones más complejas, a los que les derivan pacientes. Pretende acercar la atención de salud aún más a las personas. Por su cercanía con la comunidad y la definición conjunta de las acciones que allí se otorgan, el CECOSF pretende resolver de manera más oportuna la demanda de necesidades de salud de la población a cargo.
- **COSAM:** un Centro Comunitario de Salud Mental Familiar, COSAM, se define como un establecimiento de atención ambulatoria, dedicado al área de salud mental y psiquiatría, que apoya y complementa a los consultorios de la comuna en la cual funciona. Los COSAM son un nodo fundamental en la reforma comunitaria de la salud mental para satisfacer los diversos requerimientos en salud mental y psiquiatría, de manera de dar respuesta a la creciente y compleja demanda territorial de atención de patologías de moderada y severa intensidad que hasta ese momento eran absorbidas por los centros de APS o por los Servicios de psiquiatría de los hospitales. De esta manera, el COSAM surge como un centro de salud mental familiar de nivel de complejidad secundaria que permite dar respuesta de especialidad de manera ambulatoria a los usuarios de una comuna con presencia de patología de salud mental así como apoyo, educación y orientación a sus familiares y cuidadores. El COSAM otorga atención a los usuarios residentes en la comuna, beneficiarios de FONASA o PRAIS, inscritos y derivados desde el CESFAM, consultorios o estaciones Médicas de Barrio, así como de hospitales, Tribunales de Familia y otras instancias del poder judicial con motivo de evaluaciones.

- **CEO**: dedicados a la atención especializada dental. Incluye equipamiento para atención primaria y para realizar operaciones dentales en su pabellón.
- **SAPU:** atiende emergencias médicas como accidentes, hemorragias, esguinces, contusiones y algunas infecciones de no muy alta complejidad.
- **PSR**: enfocado en acercar a zonas remotas la atención primaria. Brinda atención que cubre las necesidades de salud de sectores de población rural. Preferentemente de fomento y protección de la salud, promoción, prevención, trabajo comunitario en salud y a su vez, recepción y atención de problemas de salud, derivando a otros establecimientos de la red las situaciones que no pueden ser resueltas en ese nivel y las urgencias que presentan los habitantes de la localidad. Cuentan con un técnico paramédico residente, disponible en forma permanente e inmediata, y con un sistema de comunicación radial con su centro de referencia.

  En el caso de Providencia se tiene la siguiente estructura (ver en Anexos las Figuras D.7 y A.2).

2.1.4.5. Relación con el Ministerio de Salud

Finalmente, los centros de salud de las municipalidades se someten a la supervigilancia del Ministerio de Salud de Chile.

En este caso, el Ministerio otorga también lineamientos a los centros de salud para que se gestionen de manera adecuada y se pueda atender a la comunidad de manera eficiente y eficaz.

Para efectos de este estudio, resulta interesante centrar la atención en el documento «ORIENTACIONES PARA LA IMPLEMENTACION DEL MODELO DE ATENCION INTEGRAL DE SALUD FAMILIAR Y COMUNITARIA» en el que el Ministerio establece todos los lineamientos de los que un Centro de Salud Comunitario de tipo municipal debe buscar garantizar y mejorar (Ministerio de Salud del Gobierno de Chile, 2018).

Los lineamientos **uso de tecnología adecuada** y **calidad** son dos que impactan directamente las probabilidades de éxito de un SGEn. Destacando respecto al uso eficiente de los recursos:

> Pretende un uso racional de los recursos lo que conlleva el rendir cuentas de los recursos y garantizar su sostenibilidad. Un creciente alcance del obrar colectivo, en el cual el agente, la acción y el efecto [. . .] por la enormidad de sus fuerzas imponen a la ética una nueva dimensión, nunca antes soñada, de responsabilidad. (Ministerio de Salud del Gobierno de Chile, 2018)

Con base en el contexto presentado, se procede a establecer el marco teórico de este trabajo de investigación.

2.2. Marco Teórico

2.2.1. Eficiencia energética

2.2.1.1. Definiciones

En la sección anterior se destaca la importancia de la eficiencia energética como una de las tecnologías/sistemas/formas de gestionar que ayudarían a resolver el desafío dual (BP, 2018b). Esta investigación se centra en la sistematización de la eficiencia energética, con tal de mejorar contínuamente los indicadores de desempeño energético (IDEs).

Pero ¿Qué es la eficiencia energética? Con base en lo expuesto en la normativa ISO 50002 se puede definir la eficiencia energética como: «*El ratio, la razón u otra relación cuantitativa entre lo obtenido luego de producir bienes o servicios y la energía requerida para ello*» (ISO, 2014).

Es decir, es posible cuantificar la eficiencia energética en una fórmula como:

$$Ef = \frac{O}{I_E} \tag{2.1}$$

Donde:

- Ef: Corresponde a la cuantificación de la eficiencia energética.
- O: Cantidad producida o indicador referente a la entrega de un servicio específico.
- I_E: Energía requerida para producir o entregar un servicio específico.

En este sentido, la cuantificación puede depender del contexto industrial en el que se trabaje. Respecto a la ambigüedad de la definición de eficiencia energética y otros términos asociados, la ISO dice:

> Se ha discutido mucho sobre las definiciones específicas de términos como eficiencia energética, uso de la energía, consumo de energía, intensidad energética, etc. No es tan importante cómo definimos estos términos, sino que la organización reduzca el uso de la energía al mínimo requerido para que pueda operar de manera productiva, segura y sostenible, cumpliendo con todos los requisitos de calidad de los clientes, tanto internos como externos. (Organización de las Naciones Unidas para el Desarrollo Industrial, 2015)

Debido a la definición anterior, que se centra en la reducción del consumo al mínimo y la mantención de la calidad para todos los clientes, es que la definición mas usada en la industria internacional respecto a la eficiencia energética es la siguiente:

> (La eficiencia energética)... se puede definir como la reducción del consumo de energía manteniendo los mismos servicios energéticos, sin disminuir la calidad de vida, protegiendo el medio ambiente, asegurando el abastecimiento y fomentando un comportamiento sostenible en su uso. (ANESCO Chile, 2018)

Como se observa, la definición incluye la protección del medio ambiente y el abastecimiento energético, los dos focos del desfío dual que enfrenta nuestra sociedad.

En esta misma línea, aparece la definición de gestión energética, que es aquella que permite alcanzar cada vez una mayor eficiencia energética en los procesos de organizaciones y personas naturales. Es posible definirla como sigue:

> La gestión energética consiste en la optimización en el uso de la energía buscando un uso racional y eficiente, sin disminuir el nivel de prestaciones. A través de la gestión energética se detectan oportunidades de mejora en aspectos relacionados con la calidad y seguridad del sistema energético, logrando que los usuarios conozcan el sistema, identifiquen los puntos consumidores e implanten mejoras, alcanzando altos niveles de eficiencia energética. (Asociación Española para la Calidad, 2018)

Pero en las definiciones anteriores no se trata un tema central para conocer porqué se están implementando estos sistemas en estas organizaciones, aparte de los claros beneficios sociales y ambientales, es por esto que es necesario responder a la siguiente interrogante: **¿Por qué una empresa querría gestionar la energía?** La respuesta es que la reducción del uso de la energía responde a la lógica de las organizaciones y empresas, el gestionar la energía reduce costos y emisiones de gases de efecto invernadero; además de mejorar la imagen de las empresas. También reduce la exposición a la volatilidad de los precios de la energía y contribuye a asegurar su suministro, mediante la reducción de la dependencia de fuentes de energía importadas (Organización de las Naciones Unidas para el Desarrollo Industrial, 2015).

Es por esto que con el objetivo promover la gestión de la energía y establecer un marco de trabajo que garantice la mejora continua del desempeño energético, es que la Organización de las Naciones Unidas para el Desarrollo Industrial (ONUDI) le encarga a la ISO que genere una normativa que sistematice la detección e implementación de mejoras, basado en el conocimiento de los usuarios sobre la energía en sus organizaciones.

También es importante destacar que no existe una unica normativa referente a sistemas de gestión energética. A continuación, se nombran algunas de ellas.

2.2.1.2. Normativas

Una normativa de eficiencia energética o estándar de eficiencia energética provee una forma de integrar la eficiencia energética a otros sistemas de gestión exitentes en una industria con el objetivo de generar mejora continua (Scheihing, 2009).

En Zamorano Negretti (2014), se muestra una recopilación diferentes normativas de eficiencia energética desde la más antigua a la más nueva

Tabla 2.2: Cronología de normas de gestión energética en diversos países del mundo. Fuente: Análisis de brechas e implementación de un sistema de gestión energética basado en ISO 50001 en Campus Universidad de Chile; Zamorano, 2014.

Cronología de normas de gestión energética en diversos países del mundo.		
Año	País	Norma
1982	Japon	JIS Z 9211 Technichal Terms used in Energy Management
1985	Corea del Sur	B 0071 Technichal Terms used in Energy Management (N° 2)
1990	Australia	AS 3595:1990 Energy Management programs – Guidelines financial evaluation of a project
1995	Canadá	PLUS 1140:1995 A Voluntary Energy Management Guideline
	China	GB/T 15587:1995 Guidelines for Energy Management in Industrial Enterprise
	EEUU	ANSI 739:1995 IEEE Recomended practice for energy management in industrial and commercial facilities
2000	EEUU	ANSI/MSE A Management System Energy Standard
2001	Dinamarca	DS 2403:2001 Energy Management-Specification
	Reino Unido	HB 1090:2001 Integrated Management System Series
2003	Reino Unido	PASS 55-1:2003 Specifications for the optimised management of physical infrastructure assets.
	Suecia	SS 627750:2003 Energy Management-Specification
2004	Holanda	Energy Management System Specification with Guidance for Use
2005	Irlanda	IS 393:2005 Energy Management Systems-Specification for Guidance for Use
2006	Alemania	VDI 4602 Blatt 1:2006-04 Energy Management Terms – Definitions
2007	España	UNE 216301:2007 Sistema de Gestión Energética
	Corea del Sur	KSA 4000:2007 Korean Energy Management Standards
2009	UE	UNE EN 16.001:2009 Sistemas de Gestión Energética
	Sudáfrica	SANS 879:2009 Energy Management Specifications
2011	Internacional	ISO 50.001 Sistemas de gestión de la energía: Requisitos y guía para su uso

De aquí se puede observar que la creación e implementación de un estándar general e internacional es más bien una idea de la última década.

2.2.1.3. ¿Por qué ISO 50001?

Antes de avanzar, es necesario responder por qué implementar ISO 50001.

En la misma investigación de la que se obtuvo la tabla 2.2 (Zamorano Negretti, 2014) se exhiben algunos motivos:

- La elaboración de la Norma contó con la participación de expertos representantes de 44 países miembros de ISO y otros 17 países observadores.
- Recoge los puntos más importantes de la normativa existente en distintos países.
- Se puede aplicar a cualquier tipo de organización, independientemente de su tamaño, origen o ubicación.
- No exige certificación.

- Se estima un potencial que la norma puede influir hasta en un 60 % del consumo energético del mundo

En paralelo, en Organización de las Naciones Unidas para el Desarrollo Industrial (2015) se presenta una serie de beneficios directos e indirectos para las empresas de implementar ISO 50001, los que se detallan a continuación.

- **Posible beneficios directos:**
  - Ahorro en costos energéticos.
  - Priorización de las oportunidades de ahorro energético sin costo o de bajo costo que se pueden aplicar a las operaciones de todos los días.
  - Menores emisiones de gases de efecto invernadero.
  - Menor exposición a las variaciones en el precio de la energía
  - Menor huella de carbono.
  - Mayor seguridad en el suministro gracias a la menor dependencia de los combustibles importados.
  - Mayor conciencia energética por parte del personal y mayor participación en los procesos de mejora.
  - Más conocimiento del uso y del consumo de la energía, y de las oportunidades de mejora.
  - Procesos de toma de decisiones basados en la información.
  - Menor incertidumbre gracias a una mejor comprensión del uso de la energía en el futuro.
- **Posibles beneficios indirectos:**
  - Publicidad positiva.
  - Mejora de la imagen corporativa.
  - Mejora de la eficiencia operacional.
  - Mejora de las prácticas de mantenimiento.
  - Mejora de la seguridad y la salud.

2.2.2. ISO 50001

2.2.2.1. Definiciones

La normativa ISO 50001:2011, también conocida como *Sistemas de Gestión de la Energía: Requerimientos y Guía para su uso* (Bureau of Indian Standards, 2011), consiste en el estándar internacional para levantar un sistema que administre los activos energéticos de una organización.

La definición de un sistema de la gestión de la energía (SGEn) según esta normativa es: *un conjunto de elementos interrelacionados que interactúan para establecer una política energética y sus respectivos objetivos; así como los procedimientos y procesos necesarios para alcanzarlos.*

Este estándar internacional especifica requerimientos para establecer, implementar, mantener y mejorar un sistema de gestión de la energía, cuyo propósito es permitir a la organización mejorar continuamente su desempeño energético, incluyendo eficiencia, uso y consumo. También indica requisitos respecto de la medición, documentación y reporte del desempeño energético, diseño de equipos y procesos que contribuyen a la explicación del desempeño energético.

Así, para lograr la mejora continua, la normativa busca que las empresas al implementar un SGEn rompan con el paradigma de implementar acciones de eficiencia energética en respuesta al incremento de los costos de operación, también conocido como gestión de la energía *ad hoc* a los costos (ver Figura 2.19); y

llevar a las organizaciones hacia un enfoque sistémico de gestión en la que los costos siguen disminuyendo con los años debido a la constante concientización y acciones de eficiencia energética (ver Figura 2.20).

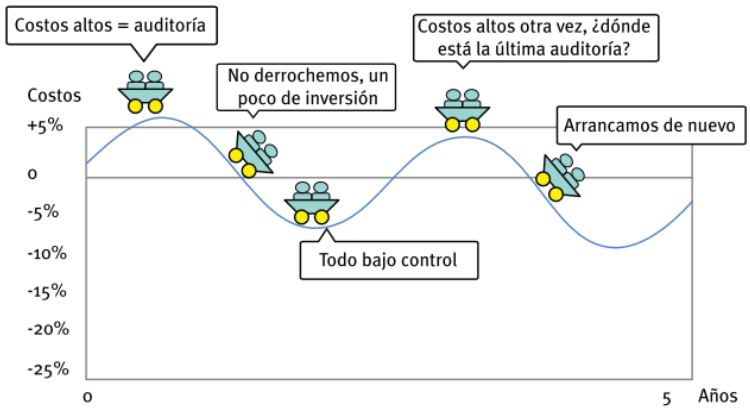

Figura 2.19: Resutados de la gestión de energía *ad hoc* a los costos. Fuente: Guía Práctica para la Implementación de un Sistema de Gestión de la Energía; ONUDI 2015.

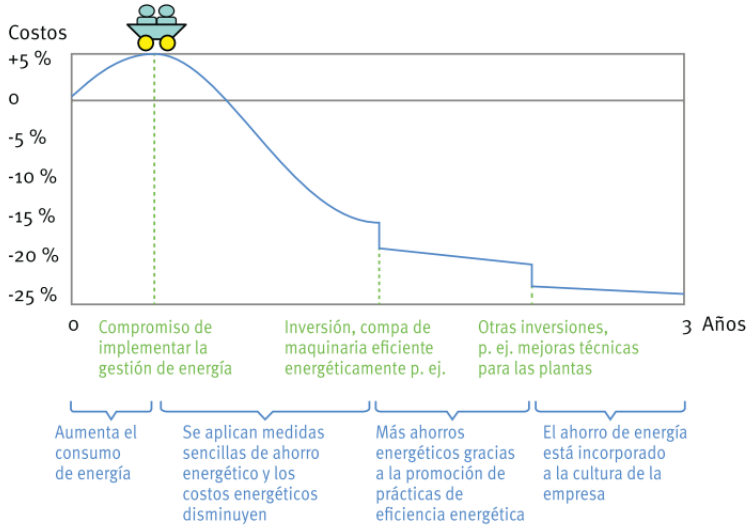

Figura 2.20: Resultados de un proceso sistemático de gestión de la energía. Fuente: Guía Práctica para la Implementación de un Sistema de Gestión de la Energía; ONUDI 2015.

Ahora, en términos de contenido y trabajo en la práctica, es posible desglosar la norma en 3 principales elementos (con base en lo estudiado de las guías de implementación de ONUDI, Organización de las Naciones Unidas para el Desarrollo Industrial (2015), y de la Agencia de Sostenibilidad Energética, de Laire et al. (2018)). Estos elementos son:

1. El principio de mejora continua.
2. Integración con otras normativas de sistemas de gestión ISO.
3. Detalle de requisitos.

Adicionalmente, se toman elementos teóricos y métodos cuali/cuantitativos para facilitar el diseño del SGEn, éstos son:

1. Guías de implementación del SGEn.
2. Análisis de brechas.
3. Transcripción de requisitos a implementar: según la norma ISO 50001.

2.2.2.2. Mejora continua

En Organización de las Naciones Unidas para el Desarrollo Industrial (2015) y de Laire et al. (2018) se establece que la finalidad de un sistema de gestión de la energía es mejorar el desempeño energético de la organización de forma lógica, controlada y sistemática, para que ésta reduzca costos y ahorren energía. Lo anterior es posible realizarlo con un enfoque cíclico de mejora continua del tipo PHVA (Planificar - Hacer - Verificar - Actuar), también conocido como ciclo de Deming (ver Figura 2.25)

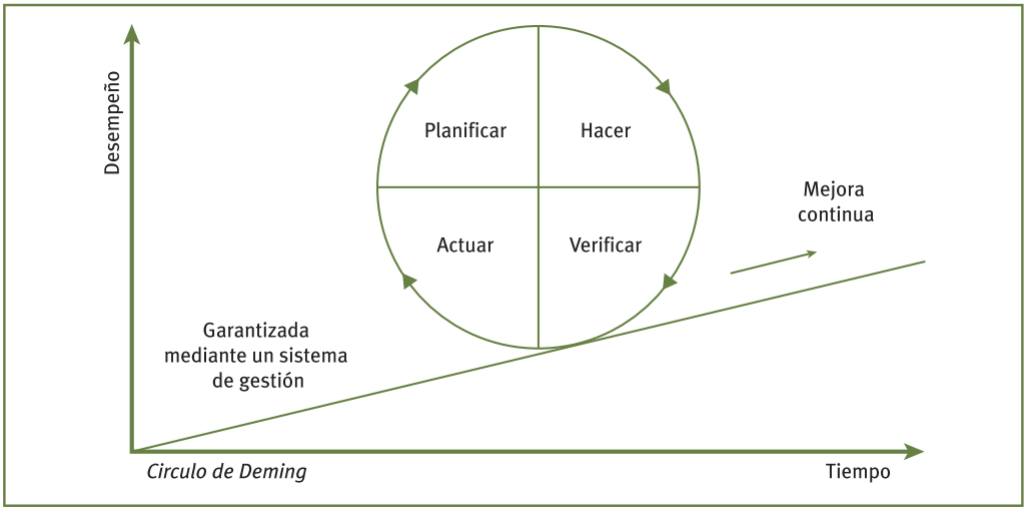

Figura 2.21: Visión general del sistema de gestión de la energía, que utiliza un ciclo de Deming para alcanzar sus objetivo. Fuente: Guía Práctica para la Implementación de un Sistema de Gestión de la Energía; ONUDI 2015.

El ciclo puede definirse de la siguiente manera:

1. **Planificar:** en esta parte se debe elaborar la política energética, así como las actividades a realizar y forma en la que se evaluará el cumplimiento de los objetivos planteados en ella.
2. **Hacer:** consiste en realizar las actividades definidas en la etapa de planificación.
3. **Verficar:** en este punto se evalúa lo realizado en la etapa anterior, con base en las métricas generadas en la etapa de planificación. De aquí debe obtenerse la cuantificación de las mejoras obtenidas y si tuvieron o no el efecto esperado.
4. **Actuar:** es la fase del ciclo en la que se documentan las lecciones aprendidas y con base en ellas actualizar la política y objetivos energéticos; de acuerdo con las necesidades de la organización.

Es importante además destacar el esquema PHVA es utilizado en todos los sistemas de gestión planteados por ISO. En la Figura 2.22

De lo anterior se desprende que el rol de la dirección en el éxito del sistema es central, además de poder integrar el SGEn con otros sistemas de gestión, tales como los de calidad (ISO 9001), seguridad ocupacional (OHSAS 18001), seguridad alimentaria (ISO 22000) y medio ambiente (ISO 14001).

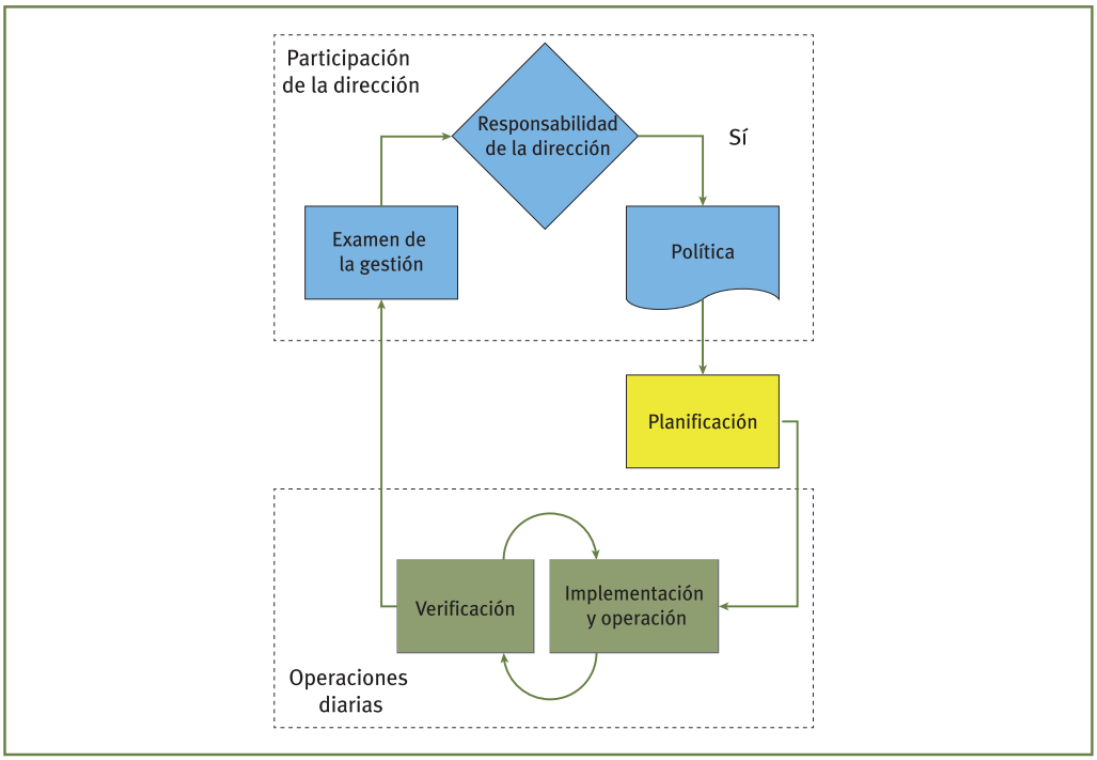

Figura 2.22: Ciclo de mejora continua aplicado en la organización para sistemas de gestión. Fuente: Guía Práctica para la Implementación de un Sistema de Gestión de la Energía; ONUDI 2015.

2.2.2.3. Integración con otros sistemas de gestión ISO

Como se dijo en el apartado anterior, ciclo de mejora continua PHVA establecido en la normativa ISO 50001 se comparte con todos los otros sistemas de gestión que ha levantado el organismo de estandarización internacional.

Según los beneficios indirectos mostrados de implementar gestión de la energía basado en ISO 50001 en el apartado 2.2.1.3, el ejecutar una forma sistemática para la administración de activos energéticos mejora la eficiencia operacional, las prácticas de mantenimiento, la seguridad y salud en el entorno organizacional. Esta mejoría entre la interrelación de diferentes áreas o dimiensiones de la gestión, al implementar una forma sistemática de trabajo en torno a ellas, también es respaldada en las experiencias mostradas en el sitio web de la empresa de software *ISOTools*, según esta organización, las empresas que tienen implementados sistemas de gestión de calidad o de medio ambiente, son más sensibles a la seguridad ocupacional; por ejemplo (ISOTools, 2016).

Esta sinergia se debe a que al implementar un sistema de gestión bajo el marco estandarizado internacional de la ISO, en alguna de las dimensiones de la administración (calidad, salud/seguridad operacional, energía, seguridad alimentaria, medio ambiente, entre otras) las normativas que rigen los requerimientos para lograr mejora continua de indicadores referentes a ellas comparten principios básicos. Éstos son, según ISOTools (2016):

- Existencia de un compromiso y liderazgo por parte de la dirección de la organización.
- La dirección deberá estar comprometida para conseguir el éxito.
- El sistema de gestión deberá estar inmerso en un proceso de innovación y mejora continua.
- Se basa fundamentalmente en la acción preventiva y no en la correctiva.

- Se deberán aplicar todas las fases del ciclo de vida de los productos y en todas las etapas de los procesos productivos.
- Se deberá poder medir el sistema. Será eficaz si se puede medir y evaluar.
- En los sistemas de gestión integrados las evaluaciones son similares.
- La implicación debe ser de todas las personas que integran la organización.
- No será posible obtener éxito si no participa todo el personal.
- La formación es clave para que todos los aspectos se desarrollen en la empresa.

Ahora, es posible entonces construir un sistema de gestión integrado mediante la realización del ciclo, desde la planificación hasta la revisión del sistema, considerando cada una de las dimensiones posibles de la gestión.

La ampliación, es decir, agregar una nueva dimensión al sistema de gestión integrado, según *ISOTools*, puede ser mediante un tratamiento documental, evitando las redundancias e incluyendo referencias cruzadas y relacionadas entre sí; obteniéndose la siguiente estructura:

- Política de gestión integrada.
- Planificación.
- Formación y cualificación de los participantes del sistema.
- Documentación del sistema y su control.
- Implementación de lo planificado.
- Evaluación y control de los sistemas de gestión integrados.
- Mejorar el sistema.
- Comunicación de resultados y entre participantes.

Entonces, establecida la estructura genérica de este tipo de sistemas, es posible detallar los requisitos de la normativa de SGEn, la ISO 50001.

2.2.2.4. Requisitos

La norma ISO 50001 especifica los requisitos que debe mostrar una organización para mejorar continuamente el desempeño energético.

En de Laire et al. (2018) se especifica una forma de implementar un SGEn, mediante una guía sobre el diseño de cada una de las actividades que deben llevarse a cabo para cumplir con los requisitos de la norma. Los autores destacan que, con el fin de facilitar la implementación, los requisitos se clasifican en medulares y estructurales.

Los requisitos medulares son escenciales para observar y mejorar el desempeño energético; es decir, son todos aquellos centrados en la gestión misma de la energía. Éstos corresponden a todas las actividades de análisis del uso y consumo de energía y sus costos asociados.

En cambio, los requisitos estructurales indican que éstos proveen la arquitectura organizacional en torno a los requisitos medulares y que convierten a la gestión de la energía en un proceso sistemático y controlado.

Respecto de la relación entre ambos tipos de requisitos, los autores destacan:

> Estos requisitos (los medulares) corresponden a todas las actividades de análisis del uso y consumo de energía y sus costos asociados, pero al no abordar los requisitos estructurales, se dificulta que las acciones necesarias para mejorar el desempeño energético se mantengan en

el tiempo, especialmente en las que se debe trabajar de forma transversal en la organización (de Laire et al., 2018).

A continuación, se presentan los títulos de los requerimientos de la normativa de gestión energética y su respectiva numeración. Se muestran en gris los requisitos medulares (ver tabla 2.3).

Tabla 2.3: Requisitos de la norma ISO 50001. Fuente: de Laire et al., 2018

	Requisitos normativa ISO 50001:2011
Requisitos generales	4.1 Requisitos generales
	4.2 Responsabilidad de la Gerencia
	4.2.1 Alta Gerencia
	4.2.2 Representante de la Gerencia
	4.3 Política energética
Planificar	4.4 Planificación Energética
	4.4.1 Generalidades
	4.4.2 Requisitos legales y otros requisitos
	4.4.3 Revisión energética
	4.4.4 Línea base energética
	4.4.5 Indicadores de desempeño energético
	4.4.6 Objetivos energéticos, metas energéticas y planes de acción de gestión de la energía
Hacer	4.5 Implementación y operación
	4.5.1 Generalidades
	4.5.2 Competencia, formación y toma de conciencia
	4.5.3 Comunicación
	4.5.4 Documentación
	4.5.5 Control Operacional
	4.5.6 Diseño
	4.5.7 Adquisición de servicios de energía, productos, equipos y energía
Verificar	4.6 Verificación
	4.6.1 Seguimiento, medición y análisis
	4.6.2 Evaluación de cumplimiento con los requisitos legales y otros requisitos
	4.6.3 Auditoría Interna del SGEn
	4.6.4 No-conformidades, corrección, acción correctiva y preventiva
	4.6.5 Control de registros
Actuar	4.7 Revisión por la gerencia
	4.7.1 Generalidades
	4.7.2 Información de entrada para la revisión por la gerencia
	4.7.3 Resultado de la revisión por la gerencia

Desglosando la tabla 2.3, por grupos de requisitos:

Con el grupo *Requisitos generales* se busca establecer un compromiso de la dirección en la implementación y mantención de un SGE, lo que se materializa en el reconocimiento del alcance del sistema, sus límites, las responsabilidades de la alta gerencia, la designación de un representante encargado de la implementación y mantención del SGE y la determinación de una política energética; todo esto para alcanzar la mejora continua de los IDEs.

Los requisitos referentes a la *Planificación* comprenden una revisión y análisis de la situación energética de la organización que sirva para evaluar el desempeño energético y determinar planes de acción que se encarguen de las oportunidades detectadas, realizando medidas de eficiencia energética.

Posteriormente, en *Hacer* se establecen requisitos, herramientas y mecanismos para la implementación exitosa de los planes de acción determinados en la etapa de planificación, los que impactan la operación de los procesos y equipos involucrados en el desempeño energético.

En los requisitos de *Verificación*, se expresan lineamientos sobre medición y análisis de los resultados de la implementación, además de definir formas de auditar el SGEn. Con base en los resultados de estas acciones es posible aplicar acciones correctivas y preventivas, además de documentar lecciones aprendidas de errores y éxitos en la implementación.

Por último, se deben revisar los resultados de las etapas anteriores para determinar las acciones a seguir, esto implican los requisitos referentes a *Actuar*, estos incluyen la posibilidad de actualizar: (i) la política energética; (ii) los IDEs; (iii) los objetivos energéticos de la organización y (iv) cambios en la asignaciónd de los recursos. Para esto se establece qué información debe usarse para la revisión por parte de la dirección del estado del SGEn y qué debe obtenerse por resultado para garantizar la mejora continua.

2.2.2.5. Guías de implementación

Ya habiendo terminado con enumeración de los requisitos, es necesario retratar ciertos instrumentos que pueden colaborar de en el diseño e implementación de estos sistemas.

A la hora realizar el levantamiento de estos sistemas existen diferentes guías nacionales e internacionales de organismos reconocidos en temas energéticos, tales como: *Guía Práctica para la Implementación de un Sistema de Gestión de la Energía* de ONUDI (Organización de las Naciones Unidas para el Desarrollo Industrial, 2015), *Guía de Implementación de Sistemas de Gestión de Energía basados en ISO 50001* de la Agencia de Sostenibilidad Energética (de Laire et al., 2018), *Guidebook for ISO 50001: Energy Management System* de la Hong Kong Electronic Industries Association ((HKEIA) The Hong Kong Electronic Industries Association, 2013), entre otras.

La elección de la guía a utilizar para la implementación va a depender de la *expertise* y contexto organizacional respecto de la energía en la que se esté inserto (es decir, capacitación en temas de energía, país, conocimiento del idioma en el que está la guía, etc.).

La estructura de estas guías es idéntica a la de la norma ISO 50001, sólo que por cada requisito desarrollan las mejores prácticas y metodologías para la implementación del sistema; con base en la experiencia de la organización redactora y del Anexo A de la normativa (Bureau of Indian Standards, 2011).

Cabe destacar, que el acceso a la guía de implementación no reemplaza la necesidad de contar con asesoría especializada a la hora de implementar y diseñar un SGEn, ya que muchas de estas guías incluyen aspectos técnicos propios de la ingeniería energética y algunas herramientas de software que requieren capacitación específica.

2.2.2.6. Requistos a implementar

Ahora, entre todos los requisitos, lo que se implementan en este trabajo de investigación son *4.4.3 Revisión energética*, *4.4.4 Línea base energética* y *4.4.5 Indicadores de desempeño energético*, por lo que

conviene definirlos desde la normativa (Bureau of Indian Standards, 2011).

Requisito: 4.4.3 Revisión energética: La organización debe desarrollar, documentar y mantener una revisión energética. La metodología y criterios usados para desarrollarla deben ser documentados. Para llevar a cabo esta revisión la empresa debe:

a) Analizar los usos y consumo de energía basados en mediciones u otras fuentes, como por ejemplo.
   - Identificar fuentes de energía actuales en los procesos organizacionales.
   - Evaluar el consumo y uso de energía pasado y presente.

b) Con base en el análisis de usos y consumo de energía del apartado (a), identificar areas de uso significativo de energía, i.e.:
   - Identificar instalaciones, equipos, sistemas, procesos y personal de la organización que afecten significativamente el uso y consumo energético.
   - Identificar otras variables relevantes que afecten usos de energía significativos para la organización.
   - Determinar el desempeño energético actual de instalaciones, equipos, sistemas y procesos relacionados a usos significativos de la energía.
   - Estimar uso y consumo futuro de energía.

c) Identificar, priorizar y documentar oportunidades de mejorar el desempeño energético.

La revisión energética debe ser actualizada en intervalos definidos, así como también debe ser realizada ante cambios que afecten significativamente a la organización en términos energéticos (como construcción de nuevas instalaciones, renovación masiva de equipos, sistemas o creación/implementación de nuevos procesos).

Requisito: 4.4.4: Línea base energética: La organización debe establecer una línea de base energética usando la información inicial de la revisión energética, considerando un periodo de datos adecuado al uso y consumo energético de la organización. Los cambios en el desempeño energético deben ser medidos en contraste con la línea de base.

Ajustes en la linea base debn ser realizados en caso de que ocurra alguno o varios de los siguientes eventos:

- Los IDEs no reflejan el uso y consumo organizacional.
- Han habido cambios masivos de los procesos, patrones organizacionales o sistemas de energía.
- El método predeterminado para administrar la línea base exige que sea revisada/modificada.

Esta línea de base debe ser mantenida y documentada.

Requisito: 4.4.5: Indicadores de desempeño energético La organización debe identificar los IDEs apropiados para monitorear y medir su desempeño energético. La metodología mediante la cual se determinan y actualizan los IDEs debe ser documentada y constantemente revisada. Los IDEs son revisados y comparados con la línea de base energética cuando sea apropiado.

En la siguiente sección, se analizan los fundamentos técnicos de la revisión energética, la que sirve para cumplir con los requisitos recién detallados.

Además, se destaca que los alcances de esta investigación incluyen definir un plan de medición y verificación para las medidas que aprovechen las oportunidades de mejora en el desempeño energético encontradas en la revisión energética, por lo que se debe analizar sus fundamentos teóricos.

Para una revisión en detalle de los requisitos de la norma ISO 50001:2011 favor revisar la sección Anexos B.

2.2.3. Diseño de un Sistema de Gestión de la Energía

En la práctica, el diseño de un Sistema de Gestión de la Energía consiste en un enfoque estructurado en que se especifican roles, responsables y métricas para, el cierre de las brechas encontradas en el análsis de brechas y la mejora del desempeño energético levantado en la revisión energética.

En (de Laire et al., 2018) se establece que para diseñar un Sistema de Gestión de la Energía se necesita lo siguiente:

1. Definir el plan de diseño, considerando los siguientes elementos.
   - Levantamiento de información sobre las características energéticas de la organización (revisión energética), y su situación actual referente a la gestión de la energía(análisis de brechas).
   - Levantamiento de información respecto a la existencia de otro sistema de gestión estilo ISO en la organización, que permita apalancar más facilmente los requisitos de la norma ISO 50001.
2. Definir el contexto de la organización, respondiendo a las siguientes preguntas:
   - ¿Cuál es el foco de las principales actividades desarrolladas por la organización?
   - ¿Cuál es la importancia estratégica de la energía para el negocio?
   - ¿Cuánto influye el costo de la energía en el negocio?
   - ¿Cómo influyen las acciones relacionadas con sustentabilidad con las partes interesadas?
   - ¿Cuáles son los riesgos asociados con el uso y consumo de la energía para la organización?
3. Consolidar la información de la revisión energética, considerando:
   - Principales usos de energía y su aporte al consumo total energético de la organización.
   - Comportamiento en el tiempo del consumo y su relación cualitativa y (de ser posible) cuantitativa con otras variables de la operación y el entorno.
4. Definir un plan de cierre de brechas en la gestión, por requisito, considerando:
   - Documentación existente y si ayudan a cumplir el requisito.
   - Descripción del cumplimiento.
   - Plan de acción o mejora.
   - Responsables.
   - Plazos estimados para el cumplimiento del plan.

De esto, la relevancia para este trabajo de investigación de realizar una revisión energética y un análisis de brechas. Respecto a lo anterior, en (de Laire et al., 2018) se establece que con el análisis de brechas:

> ...se identifican los elementos que son factibles de integrar al SGE, así como los elementos que requieren ser desarrollados. Con un análisis de brechas adecuado, la organización podrá estimar los esfuerzos específicos que requiere para la implementación.

Además, sobre la revisión energética se destaca:

> La revisión energética es un proceso de identificación de los usos y consumos de energía y sus niveles de eficiencia asociados. Ésta es considerada una de las etapas más importantes de la implementación y posterior mantenimiento de un SGE ...(su) finalidad es determinar los

consumos de energía en las instalaciones, apoyar la determinación de la línea base e identificar oportunidades de mejora.

2.2.4. Revisión energética

2.2.4.1. Definiciones

Los requisitos 4.4.3 a 4.4.5 del estándar ISO 50001 involucran o se basan en una revisión energética. El cumplimiento de estos requisitos de tipo medular (según de Laire et al. (2018), para más información ver el apartado 2.2.2.4) es vital para realizar una planificación energética, con tal de definir e implementar en la fase de operación actividades que concreten objetivos y metas energéticas, consistentes con la política definida por la alta gerencia.

En ISO (2014) se define revisión energética, o auditoría energética como: un análisis sistemático del uso de la energía y consumo energético dentro de un adecuado alcance de auditoría energética, con tal de identificar, cuantificar y reportar las oportunidades para mejorar el desempeño energético.

Con base en lo anterior, a continuación, se revisan los fundamentos teóricos para la realización de una revisión energética, con base en de Laire et al. (2018), Organización de las Naciones Unidas para el Desarrollo Industrial (2015) e ISO (2014).

2.2.4.2. Utilidad de la revisión energética

La finalidad de la revisión energética, a nivel del SGEn, es examinar cómo se usa la energía y el responder a la siguiente interrogante: ¿Cómo se medirán las mejoras del desempeño y se identificarán las oportunidades de reducir el uso de la energía a través de una combinación de mejores prácticas, proyectos técnicos, capacitación y otros medios?

El primer paso para lograr esto es levantar la línea base energética y definir indicadores de desempeño energético (IDEs), los que establecerán un punto de partida para la cuantificación de ahorro energético y cambios en el desempeño energético, respectivamente.

Luego de esto se realiza la fijación de objetivos y metas respecto de la implementación de mejoras consistentes con la política energética.

Ahora, en la práctica la revisión energética debe ser capaz de revelar aspectos cuantitativos y cualitativos del uso, consumo y eficiencia energética. Según la guía de la ONUDI la finalidad práctica de la revisión energética es la siguiente:

> ...examinar el uso de la energía de manera sistemática y centrar los esfuerzos en los usos de energía y las oportunidades más significativas. Vale la pena esforzarse en este paso, ya que es la base para todas las actividades que se llevarán a cabo durante el siguiente período (normalmente un año) (Organización de las Naciones Unidas para el Desarrollo Industrial, 2015).

Y destaca que debe dar respuesta numérica o cualitativa, según corresponda, a las siguientes:

- ¿Cuánta energía estoy utilizando?
- ¿Cuál es la tendencia de este uso?
- ¿Dónde la estoy utilizando? (o en qué procesos). Esto nos dice cuáles son los usos más significativos.
- ¿Cuáles son los motivos de este uso, es decir, qué variables pueden causar un cambio en el uso de la energía?
- ¿Qué personas dentro de la organización tienen un efecto significativo sobre el desempeño energético?
- ¿Qué indicadores pueden usarse para medir y gestionar el desempeño energético?

- ¿Qué posibilidades existen para mejorar el desempeño energético de la organización?
- ¿Cuáles son los objetivos y metas de mejora del desempeño energético de la organización?
- ¿Cuáles son los planes de acción de la organización respecto al desempeño energético para el período próximo?

Ahora, corresponde analizar cómo una revisión energética realiza la descripción de variables que permiten responder a estas preguntas.

2.2.4.3. Actividades a realizar

En este sentido, las actividades a realizar para implementar los requisitos 4.4.3 a 4.4.5 de la normativa son representados en la Figura 2.23.

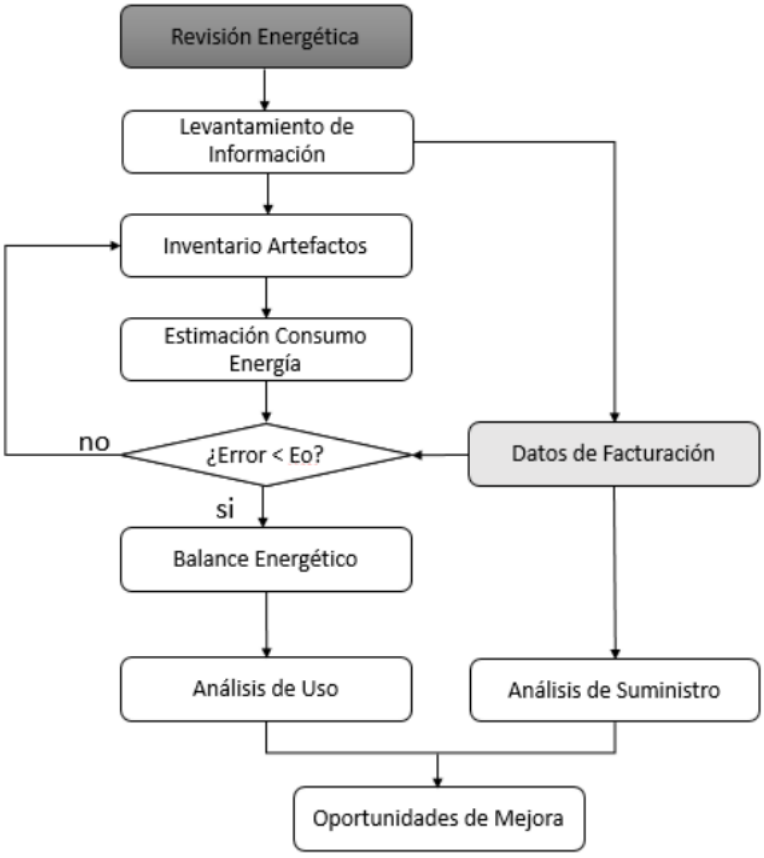

Figura 2.23: Diagrama de flujo de procesos para la implementación de los requisitos 4.4.3 a 4.4.5 de la normativa ISO 50001. Fuente: Zamorano Negretti, 2014

Una breve descripción de los procesos se muestran a continuación:

1. **Levantamiento de información:** corresponde a la recopilación de datos de: (i) las facturas de energía y de los medidores individuales (si es posible); (ii) lista de los sistemas consumidores, procesos y equipos; (iii) planes futuros que puedan afectar el desempeño energético (por ejemplo: expansiones de capacidad, cambios en el nivel de producción, reemplazo de equipos, eliminación de instalaciones o sistemas); (iv) documentos de mantenimiento, operación y diseño (por ejemplo: dibujos, especificaciones de equipos, datos de sistemas de control); (v) usos significativos de energía (ver Figura 2.24 para ver

la información necesaria para identificarlos) y; (vi) toda aquella información respecto de revisiones energéticas anteriores, IDEs y SGEn de la organización.

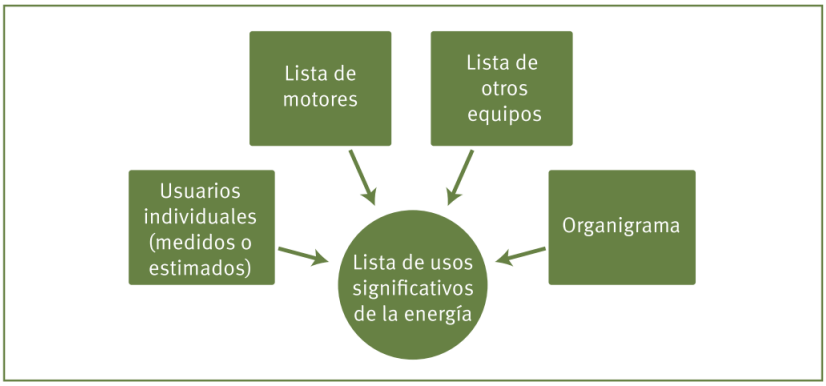

Figura 2.24: Información necesaria para definir los usos significativos de energía en la organización. Fuente: ONUDI, 2015

2. **Inventario artefactos:** este proceso consiste en la construcción de una base de datos con la siguiente información: (i) nombre del artefacto; (ii) uso de energía del artefacto; (iii) potencia nominal; (iv) cantidad de artefactos del mismo tipo.

3. **Estimación consumo energía: Si cada fuente de energía** (electricidad, gas, combustibles líquidos, etc) **tiene un medidor individual**, las lecturas de cada uno de los medidores le podrán dar a la organización algunos datos útiles o incluso un panorama completo del consumo energético. **Si no hay medidores individuales**, lo que es muy común, tendrá que hacer estimaciones por otros medios. Uno de ellos consiste en estimar el consumo total de los diferentes usos; una forma de hacerlo es con la siguiente ecuación:

$$CEAE = CN \times FC \times RT \times h \ \ [Energia] \tag{2.2}$$

   Donde:

   - **CEAE:** consumo energético anual estimado. En [kWh/año], [Btu/año], [toe/año], [J/año] u otra unidad que acomode a la organización.
   - **CN:** carga o potencia nominal del equipo, información que se obtiene en la placa del equipo. En [W], [Btu/h], [hp] u otra unidad que acomode a la organización.
   - **FC:** factor de carga, corresponde a la relación entre la energía real consumida por un cliente o una instalación en un período dado y la máxima que hubiera consumido si se hubiera mantenido siempre a plena carga (o máxima capacidad). Dicho de otro modo, es el cuociente entre la energía consumida en un período y el producto entre la potencia máxima y el número de horas del período. En [%]
   - **RT:** regimen de trabajo, es la cantidad de días al año que se usa el equipo. En [día/año]
   - **h:** horas al día en que está en funcionamiento el equipo. En [horas/día].

   Conviene destacar que en el caso de la electricidad, no conviene utilizar amperímetros directamente para medir una sola vez la demanda eléctica, debido a las variaciones en el factor de potencia del equipo.

4. **Datos de facturación:** en este punto debe consolidarse la información de las facturas energéticas de las instalaciones.

5. **Balance energético:** antes de realizar el balance energético, se debe revisar si es que la diferencia entre la realidad (es decir, el consumo especificado en las cuentas de energía) y la estimación de consumo está bajo un umbral aceptable. Se define el error en la energía como sigue:

$$Error_{Energia} = \frac{E_{Cuentas} - E_{estimada}}{E_{Cuentas}} \tag{2.3}$$

   Donde:

   - $E_{Cuentas}$: corresponde a la energía real consumida total anual en la instalación, la que es registrada por el(los) proveedor(es) de servicios energéticos (proveedores de electricidad, gas, etc). En [kWh/año], [Btu/año], [toe/año], [J/año] u otra unidad que acomode a la organización
   - $E_{estimada}$: es la energía anual estimada. En [kWh/año], [Btu/año], [toe/año], [J/año] u otra unidad que acomode a la organización

   Sea E_0 el valor umbral de error definido por la organización para aceptar una estimación energética. Si $Error_{Energia} < E_0$ se procede a aceptar la estimación; en caso contrario, debe revisarse el inventario de artefactos y luego la estimación de consumo a través de la ecuación 2.2.

   Ahora, si se cumple la condición lógica respecto del error, debe realizarse un balance energético, consistente en revisar cómo aportan cada uno de los usos energéticos a la cantidad total de energía consumida. Se puede ilustrar de manera desglosada por medio de gráficos circulares, diagramas de Sankey o gráficos de barras, según se prefiera.

6. **Análisis de uso:** en este punto debe analizarse la repartición o porcentaje del consumo que corresponde a cada uso de energía, además de las respectivas claves encontradas que puedan indicar posibles oportunidades de mejora.

7. **Análisis de suministro:** si es posible realizarlo, debe analizarse la pertinencia del tipo de factura energética de cada proveedor de servicio y el regimen de uso de los equipos de la organiación. Se debe concluir sobre si el tipo de cobro se adecúa a la organización, con la finalidad de encontrar posibles reducciones en costos al cambiar la facturación.

8. **Oportunidades de mejora:** La revisión energética termina con la especificación de las oportunidades de mejora encontradas. Estas deben presentar la siguiente información: (i) breve descripción de la oportunidad, lo más específica posible y concretar en una acción; (ii) ámbito de la oportunidad, es decir, electricidad, gestión, aire comprimido, etc (iii) ahorros potenciales en términos de energía, dinero, emisiones de carbón y otros beneficios posibles (iv) ersona responsable de concretar la oportunidad; (v) estado de la oportunidad, es decir, idea, aprobada, suspendida, pospuesta, en curso, eje- cutada, cerrada; (vi) sobre las fechas, hay una serie de fechas importantes en el ciclo de vida de cada una de las oportunidades incluyendo iniciación, plazo de ejecución, ejecución y; (vii) método de verificación de los ahorros, es decir, cómo se determinará si la oportunidad logró los ahorros estimados.

Es importante destacar que con el proceso ***Estimación consumo energía*** y su posterior cumplimiento de aceptación del error porcentual es que se obtiene la línea base energética. Respecto a esto la guía de la ONUDI dice:

> En el nivel más simple, **la línea de base puede ser la cantidad total de energía y de otros combustibles que se usaron en el año anterior a la implementación del SGEn**. La **ventaja** radica en que se puede comparar simplemente el uso futuro con la línea de base de ese año. La **desventaja** es que ignora los efectos de los factores determinantes. Por ejemplo, el resultado de la producción podría haber aumentado o disminuido significativamente, y esto podría ser la razón de que el uso de la energía haya cambiado, y no las modificaciones reales en el desempeño energético . . .
>
> . . . **El mejor método** para establecer una línea de base es usar los factores determinantes establecidos previamente para predecir la cantidad de energía que se debería haber usado y compararlo con lo que se logró en la realidad. En este método, **la línea de base es la línea recta que mejor se ajusta al gráfico de regresión del determinante con respecto al uso de**

la energía. A medida que el desempeño mejora, la línea se mueve hacia abajo. (Organización de las Naciones Unidas para el Desarrollo Industrial, 2015).

El primer método sólo se enfoca en los datos agregados del año, sin separar por uso de energía. En cambio, el segundo método requiere revisar el comportamiento anual del consumo por uso de energía, lo que requiere una revisión exhaustiva o bien contar con datos que permitan establecer estas tendencias.

Finalmente, el levantamiento de los IDEs proviene del proceso ***Levantamiento de información***, específicamente del punto *usos de energía*. La finalidad de levantar los IDEs es determinar una pequeña cantidad de indicadores de desempeño energético para ayudar a la organización a asegurarse de que está cumpliendo las metas de desempeño o para alertar sobre posibles problemas en una fase temprana.

Lo ideal es que, para cada fuente de energía (electricidad, combustible, etc.), exista por lo menos un IDE.

Respecto a esto, ONUDI destaca:

> Si bien es conveniente que todos los aspectos del SGEn sean lo más sencillos posible, hay que tener cuidado de no simplificarlos demasiado a riesgo de que dejen de cumplir su función. Esto vale también para los IDEs. Un IDE sencillo es la visión anualizada del uso. Dependiendo de las mediciones que puede obtener y de la capacidad de sus medidores, es posible averiguar la tendencia diaria anualizada (es decir, a cada día se le suma el uso de los 365 días previos) de cada usuario significativo, como por ejemplo, de la electricidad total, el combustible de la caldera, la electricidad necesaria para el aire comprimido, la electricidad para refrigeración, etc. Si la operación de su empre- sa es muy estable en términos de producción puede ser un buen lugar para comenzar y estos indi- cadores pueden resultar muy valiosos . . .
>
> . . . para obtener una visión del desempeño, se puede usar un análisis de la regresión del uso de la energía con respecto a uno o varios de sus determinantes. En nuestra opinión, este es el método ideal para elaborar los IDEs y realizar su seguimiento (Organización de las Naciones Unidas para el Desarrollo Industrial, 2015).

Habiendo terminado con los fundamentos teóricos de la revisión energética, es importante revisar los lineamientos de medición y verificación (M&V), la que es exigida por la normativa para presentar adecuadamente la evaluación de las oportunidades de mejora en el desempeño energético.

2.2.5. Análisis de brechas

El análisis de brechas consiste en un método cualitativo para definir la distancia entre la gestión actual y el cumplimiento de todos los requisitos de un sistema de gestión energética basado en ISO 50001.

En (de Laire et al., 2018) se especifica que este análisis debe ser realizado a la alta gerencia y al equipo encargado de gestionar los equipos.

Además, en la misma fuente se argumenta que el análisis de brechas abarca el tratar la existencia o avances, sobre cada uno de los requisitos normativos que corresponda, respecto a los siguientes tópicos:

1. Pasos a seguir para contar con una Política Energética según ISO 50001.
2. Mejoras a la organización y composición del equipo a cargo del SGE (en caso de ya existir).
3. Recursos necesarios para efectuar seguimiento al consumo de energía (medición, control, registro, reportes).
4. Criterios para medir desempeño energético.
5. Decisión sobre comunicación externa: política energética y desempeño energético.
6. Documentación existente y por desarrollar.
7. Determinación de objetivos y metas energéticas.

8. Definición de criterios de compras y adquisición, desarrollo de nuevos proyectos.
9. Plan de sensibilización y capacitación.

Si bien el análisis de brechas no constituye un requisito normativo, es una herramienta útil para conocer el contexto organizacional frente a la implementación. Éste ayuda a identificar la información y documentación existente para incorporar al SGE, determinar las actividades y los responsables para el desarrollo del sistema.

Se presenta un análisis de brechas en el anexo D, el que es usado en esta investigación para evaluar la preocupación y gestión actual de los activos energéticos.

2.2.6. Medición y verificación de medidas de eficiencia energética

El requisito 4.4.6 de la normativa ISO 50001 (*Objetivos energéticos, metas energéticas y planes de acción de gestión de la energía*) establece que la organización debe establecer, implementar y mantener planes de acción para alcanzar sus objetivos y metas. Estos planes de acción, según lo detallado en la norma, incluye una declaración de los métodos para la medición y verificación de los resultados de la ejecución de **medidas de mejora del desempeño energético**.

Primero es relevante definir la medición y verificación. Según la FENERCOM, de España:

> La Medida y Verificación (M&V) es un proceso que consiste en utilizar la medida, para el establecimiento de forma fiable del ahorro real generado en una instalación, dentro de un programa de gestión de la energía (Barreira, 2014).

Si bien los ahorros no son medibles directamente, ya que son ausencia de consumo, el mismo documento declara que: *se mide el consumo de energía antes y después de implementar el proyecto, realizando los ajustes necesarios, para que las situaciones de antes y después sean las mismas y se puedan comparar los "consumos ajustados" entre sí.*

Estos ajustes son realizados mediante métodos matemáticos, presentados a continuación.

2.2.6.1. Métodos de análisis de M&V

En 1989 un informe del Oak Ridge National Laboratory clasificó los diferentes métodos de análisis de edificios comerciales (Barreira, 2014):

- Comparación de energía total e intensidad de energía.
- Regresión lineal.
- Regresión lineal múltiple.
- Simulación computacional de edificios.
- Modelos dinámicos (inversos) de prestaciones térmicas.

En 1997 esta clasificación fue reorganizada y ampliada en el ASHRAE Handbook of Fundamentals, con la finalidad de establecer un protocolo de M&V.

2.2.6.2. Beneficios de usar M&V

En Barreira (2014), se destaca que las ventajas de utilizar un protocolo de medifición y verficación para las organizaciones se resumen en:

- La utilización de estos protocolos, sirven como garantía tanto para el cliente como para el proveedor de las medidas de ahorro energético, así como para instituciones financieras implicadas.

- Evita posibles conflictos derivados de la medida o justificación de los ahorros.
- En relación con las empresas de servicios energéticos, esto tiene una importancia manifiesta ya que en contratos basados en ahorros demostrados de energía es crucial disponer de un método de medida y verificación de estos ahorros, que además sea aceptado por todas las partes.
- Confiere mayor credibilidad, incluso a nivel internacional, de los informes de ahorro de energía
- Facilita la comunicación con Administraciones Públicas y con empresas privadas, etc.

Finalmente, se dice que para poder realizar de manera efectiva la M&V, resulta necesario hacer uso de protocolos reconocidos internacionalmente, que aseguren un proceso de M&V confiable, objetivo y técnicamente riguroso.

En el siguiente apartado, se muestran algunos protocolos internacionales de medición y verificación.

2.2.6.3. Protolos internacionales de M&V

Barreira (2014) define brevemente los siguientes protocolos de M&V.

IPMVP: Provee una guía con las mejores prácticas disponibles para la M&V de los resultados de proyectos de eficiencia energética, uso de agua y de energías renovables. El IPMVP es el estándar líder internacional en protocolos de medida y verificación, ha sido traducido a 10 idiomas y se emplea de manera intensa en más de 40 países donde es reconocido. La última edición del mismo, demuestra su nivel internacional ya que los cambios producidos en la edición, han sido la generalización de todos sus apartados y la creación de anexos con particularidades para cada país, en los que por el momento están EEUU y Francia.

FEMP: La guía del Federal Energy Management Program proporciona métodos y guías para la M&V en contratos federales (de EEUU) de ahorro de energía (denominados ESPC's). La guía desarrolla con mayor profundidad algunos de los procedimientos y es menos conceptual que el IPMVP.

ASHRAE Guideline 14: La guía ASHRAE contiene un mayor nivel de detalle de tipo técnico, tiene una relación estrecha con el IPMVP, puesto que el IPMVP y la ASHRAE 14 son documentos complementarios que proporcionan guía e instrucciones a aquellos interesados en cuantificar los resultados en ahorros de energía en los proyectos. El IMPVP es un marco de definiciones y aproximaciones, mientras que la Guía 14 de la ASHRAE provee detalles técnicos sobre la mayoría de conceptos del IPMVP

2.2.6.4. IPMVP

Debido a su popularidad y reconocimiento, en este trabajo de investigación se utiliza el marco IPMVP (International Performance Measurement and Verification Protocol). En las siguientes líneas se desarrollan algunos lineamientos del protocolo, con base en su documentos oficial (Efficiency Valuation Organization, 2010).

El IPMVP es una guía que describe las prácticas más comunes relacionadas con la medida, el cálculo y la elaboración de los informes demostrativos de ahorros, derivados de los diferentes proyectos de eficiencia energética, en las instalaciones del usuario final. Éste presenta un marco de trabajo y cuatro opciones de M&V para la elaboración de un informe de ahorros de un proyecto transparente, fiable y coherente. Las actividades de Medida y Verificación incluyen el análisis de las instalaciones, la medición de la energía o la cantidad de agua, la monitorización de variables independientes, el cálculo y la elaboración de informes. Si se siguen las recomendaciones del IPMVP, estas actividades de M&V pueden dar lugar a informes de ahorro fiables.

El protocolo está pensado para que los profesionales lo utilicen como base para la elaboración de informes de ahorro. Previamente, cada usuario debe establecer un Plan de M&V propio y específico que englobe las características particulares de cada proyecto.

Además, IPMVP no es una norma, por lo que no exige el cumplimiento de requisitos; sólo exige que se levante un plan propio y que este sea consistente con las actividades, principios y definiciones del protocolo.

En este punto, corresponde establecer las actividaes, principios y definiciones referentes a la M&V del IPMVP.

Tareas de M&V: La tarea de Medida y Verificación constan, de todas o parte, de las siguientes actividades:

- Instalación, calibración y mantenimiento de los equipos de medida.
- Recopilación y análisis de los datos.
- Desarrollo de un método de cálculo del ahorro y de las estimaciones adecuadas.
- Realización de los cálculos con las lecturas obtenidas.
- Elaboración de informes, garantizando su calidad, y verificación de los informes por terceras partes.

Principios:

- **Preciso:** Los informes de Medida y Verificación tienen que ser tan precisos como permita el presupuesto asignado. En general, el presupuesto de la Medida y Verificación tiene que ser pequeño en relación con el valor económico del ahorro que se está evaluando. El coste de la Medida y Verificación tienen que estar acorde con el impacto financiero que pueda involucrar un informe sobrevalorado o infravalorado sobre el rendimiento de un proyecto. Las variaciones en la exactitud deben ser acompañados de una mayor cautela en el momento de realizar cualquier estimación o valoración.
- **Amplio:** Un informe demostrativo de ahorros de energía debe tener en cuenta todos los aspectos de un proyecto. Las actividades de Medida y Verificación tienen que realizar mediciones para cuantificar los efectos relevantes, a la vez que realizar estimaciones del resto.
- **Conservador:** Cuando se realizan estimaciones con cantidades poco precisas, el diseño de la Medida y Verificación debe infravalorar el ahorro.
- **Coherente:** Un informe de un proyecto de eficiencia energética debe mantener su coherencia con:
  - Los diferentes proyectos de eficiencia energética.
  - Los diferentes profesionales relacionados con la gestión energética que participan en cualquier proyecto.
  - Los diferentes periodos de tiempo en un mismo proyecto.
  - Los proyectos de eficiencia energética y los proyectos para los nuevos suministros de energía.

  Coherente no quiere decir idéntico ya que cualquier informe basado en datos empíricos implica valoraciones que no son formuladas de la misma forma. Al identificar los puntos clave, el IPMVP evita las incoherencias que puedan surgir por la falta de consideración de las cuestiones importantes.
- **Relevante:** La determinación del ahorro deberá medir los parámetros del rendimiento que son de interés o, al menos permitir que sean conocidos. Los parámetros menos importantes o predecibles pueden ser estimados
- **Transparente:** Todas las actividades de Medida y Verificación deben ser documentadas con detalle y de forma clara. El detalle debe incluir todos los elementos definidos en los Capítulos 5 y 6 sobre los contenidos de un Plan de Medida y Verificación y un informe demostrativo de ahorro, respectivamente.

Opciones de M&V: El ahorro de energía no se puede medir de forma directa ya que representa la ausencia del consumo de energía. Por ese motivo, el ahorro se determina comparando el consumo, o la demanda, antes y después de la implementación de un proyecto de eficiencia energética, al tiempo que se realizan los ajustes necesarios según la variación de las condiciones iniciales.

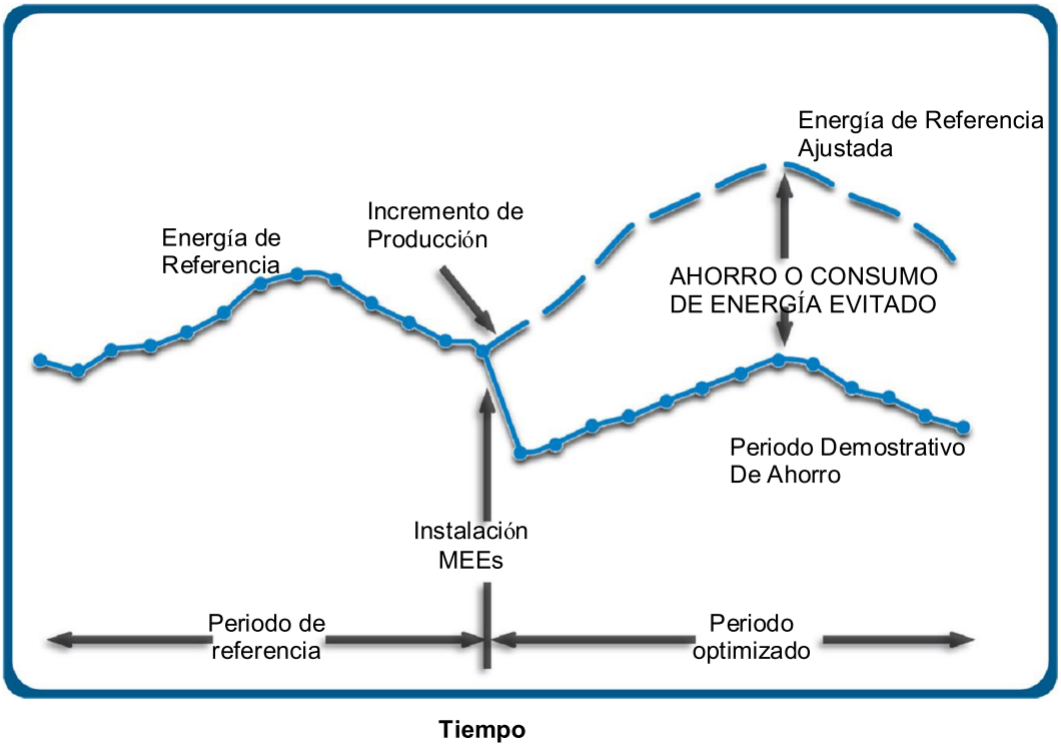

Figura 2.25: Ejemplo de cuantificación del ahorro energético. Fuente: IPMVP

Para valorar de forma adecuada el impacto de las medidas de eficiencia energética (MEEs), éste tiene que ser separado del efecto provocado por el aumento o disminución de la producción, según sea el caso. Para ello debe realizarse un estudio del patrón de consumo, la energía de referencia (o línea base), antes de implantar la MEE, para determinar la relación existente entre el consumo de energía y la producción. Tras implementar la MEE esta relación de referencia se utiliza para estimar la cantidad mensual de energía que habría consumido el equipo de ejemplo si no se hubiera implementado la MEE, denominada energía de referencia ajustada. El ahorro o el consumo de energía evitado es la diferencia entre la energía de referencia ajustada y la energía que realmente se midió durante el periodo demostrativo de ahorro.

Si no se realizan ajustes en función de las variaciones de la producción, la diferencia entre la energía de referencia y la energía del periodo demostrativo de ahorro sería mucho menor, lo que supondría que en el informe no se reflejaría todo el efecto provocado por la recuperación de calor.

Es necesario separar el efecto que tienen sobre el consumo de energía un proyecto de eficiencia energética, del efecto que generan otros cambios que se producen de manera simultánea, y que repercuten en los equipos que consumen energía. La comparación del consumo de energía antes y después se tiene que realizar de forma adecuada utilizando la siguiente ecuación:

$$AE = EPR - EDA \pm Ajustes\ [Energia] \tag{2.4}$$

Donde

- AE: Ahorro energético. En [kWh], [Btu], [toe], [J] u otra medida que acomode a la organización.

- EPR: Energía del Período de Referencia, corresponde al comportamiento de consumo energético de un equipo, sistema o edificación previo a la implementación de MEE. En [kWh], [Btu], [toe], [J] u otra medida que acomode a la organización.
- EDA: Energía del período Demostrativo de Ahorro, corresponde al comportamiento de consumo energético de un equipo, sistema o edificación posterior a la implementación de MEEs. En [kWh], [Btu], [toe], [J] u otra medida que acomode a la organización.
- Ajustes: Distancia, en magnitud de energía, entre la EPR y la cantidad de energía utilizada por el equipo, sistema o edificación si es que no se hubiese aplicado la MEE en las condiciones de producción actuales, es decir, en el período temporal en que la MEE ya fue implementada. En [kWh], [Btu], [toe], [J] u otra medida que acomode a la organización.

Definición de un período de referencia: Al realizar M&V debe tenerse en consideración que el período de referencia en le cual se debe analizar el comportamiento energético, con tal de calcular la EPR de la ecuacion 2.4, debe representar todas los modos de operación de la instalación. Este período tiene que abarcar un ciclo operativo completo, desde el consumo de energía máximo al mínimo. Y además:

- Presentar de forma clara todas las condiciones de operación de un ciclo normal de funcionamiento. Por ejemplo: aunque se escoja un año como periodo de referencia, si faltan los datos de un mes, se tiene que incluir los datos de ese mismo mes, pero de un año diferente, para que el periodo de referencia no contenga una carencia de las condiciones de funcionamiento por la falta de un mes.
- Incluir sólo los periodos de tiempo de los que se conozcan todas las condiciones, fijas y variables, que afectan a la energía dentro de la instalación.
- Intentar utilizar el periodo inmediatamente anterior a la implantación de la MMEE. Un periodo lejano en el tiempo no reflejaría las condiciones existentes justo antes de la implementación de la MEE y, por lo tanto, no proporcionaría una referencia correcta para medir los efectos de la misma.

Definición de un período demostrativo de ahorros: Dicho periodo tiene que abarcar al menos un ciclo operativo normal de la instalación o de los equipos, para conseguir una completa caracterización de la efectividad del ahorro en todas las condiciones normales de operación. La duración de cualquier periodo demostrativo de ahorro se tiene que determinar en función de la vida útil de la MMEE y el posible deterioro del ahorro inicial con el paso del tiempo.

Detalle de opciones de M&V: El consumo de energía, en las diferentes posibilidades de la ecuación 2.4, se puede medir con una o varias de las siguientes técnicas:

- Facturas de la empresa suministradora, lectura del equipo de medida, realizando los mismos ajustes a las lecturas que aplica la empresa de suministro.
- Equipos de medida que aíslan una MMEE, o parte de la instalación. Las lecturas se pueden realizar de forma periódica en intervalos breves, o de forma continua, durante el periodo de referencia o el periodo demostrativo de ahorro.
- Lecturas por separado de los parámetros empleados para el cálculo del consumo. Por ejemplo: los parámetros operativos de los equipos, potencia y horas de operación se pueden medir por separado y luego ser multiplicados para calcular el consumo de energía de los equipos.
- Uso de patrones contrastados del consumo para medir dicho consumo de energía. Por ejemplo, si el consumo de energía de un motor esta relacionado con la señal de salida que procede de un variador de frecuencia que controla el motor, se puede considerar que esta señal de salida es una representación del consumo de energía.
- Simulación calibrada con algunos datos del rendimiento real del sistema, o de la instalación que va a ser modelizar.

La tabla resumen de las opciones de M&V del IPMVP se muestran en el Anexo C

A continuación, se muestran algunas recomendaciones para la elección de opciones de medida y verificación.

Tabla 2.4: Recomendación respecto a la opción de M&V IMPVP, con base en las características del proyecto de implementación de MEE. Fuente: IPMVP

Características del Proyecto de Implementación de MEE	**Opciones recomendadas**			
	A	**B**	**C**	**D**
Hay que evaluar cada una de las MEE de forma independiente		X		
Sólo se necesita evaluar el rendimiento de toda la instalación			X	
El ahorro estimado está por debajo del 10 % respecto del consumo del equipo de medida de la empresa de suministro		X		X
Hay varias MEE implementadas			X	X
No está claro cuál es el significado de algunas variables que influyen sobre la energía		X	X	X
Los efectos cruzados de las MEE son significativos y no se pueden medir			X	X
Se esperan muchos cambios dentro del límite de medida				X
Hay que evaluar el rendimiento en un periodo de tiempo largo			X	
No se disponen de datos de referencia				X
Hay que preparar los informes para que sean entendidos por personas que no tienen formación técnica	X	X	X	
Altas habilidades en medida	X	X		
Altas habilidades sobre simulación por ordenador				X
Se posee experiencia en la lectura de las facturas de la empresa de suministro y en realizar análisis de regresión			X	

Cabe destacar que si hay un ahorro previsto mayor al 10 % de la cuenta energética y existe una única MEE en curso, debe escogerse la opción C de M&V.

2.2.7. Evaluación Económica

La evaluación de un proyecto de eficiencia energética, según la Agencia de Sostenibilidad Energética (Agencia de Sostenibilidad Energética, 2010) no se diferencia de la de otros proyectos y por tanto pueden aplicarse las mismas técnicas y pueden usarse los mismos indicadores de factibilidad que la empresa utiliza habitualmente.

Para poder realizar una evaluación económica de una medida de eficiencia energética o la implementación de ERNC, lo primero es cuantificar el ahorro energético o autosustentación energética que esto genera a la organización.

Esta cuantificación, para medidas de eficiencia energética, generalmente se realiza con la disminución del consumo, en unidades de energía, entre las diferentes alternativas. La siguiente ecuación muestra la cuantificación recién expuesta, en un horizonte temporal de un año:

$$AEst_{MEE} = (CN_{base} \times FC_{base} - CN_{MEE} \times FC_{MEE}) \times RT \times h \; [Energia] \tag{2.5}$$

Donde:

- **$AEst_{MEE}$**: ahorro energético anual estimado, producto de la medida de eficiencia energética.En [kWh/año], [Btu/año], [toe/año], [J/año] u otra unidad que acomode a la organización
- **CN_i**: carga o potencia nominal del i, información que se obtiene en la placa del equipo. Esta puede ser para el equipo nuevo o mejora (MEE) o para el caso base. En [W], [Btu/h], [hp] u otra que acomode a la organización.
- **FC_i**: factor de carga del equipo i. Esta puede ser para el equipo nuevo o mejora (MEE) o para el caso base. En [%]
- **RT**: regimen de trabajo, es la cantidad de días al año que se usa el sistema o equipo bajo análisis, concordante con su uso de energía y prestaciones asociadas. En [día|/año]
- **h**: horas al día en que está en funcionamiento el sistema o equipo bajo análisis, concordante con su uso de energía y prestaciones asociadas. En [hora/día]

En el caso de la implementación de ERNC se calcula de la siguiente manera, con ayuda de herramientas computacionales:

$$AEst_{ERNC} = E_{Cuentas} - E_{ERNC} \; [Energia] \tag{2.6}$$

Donde:

- **$AEst_{MEE}$**: ahorro energético anual estimado, producto de la implementación de ERNC. En [kWh/año], [Btu/año], [toe/año], [J/año] u otra unidad que acomode a la organización
- **$E_{Cuentas}$**: energía consumida anualmente según las cuentas energéticas. En [kWh/año], [Btu/año], [toe/año], [J/año] u otra unidad que acomode a la organización

En Thumann y Younger (2003), se discuten diferentes métodos usados para evaluar inversiones energéticas. Entre ellos están:

- Payback.
- Valor del dinero en el tiempo.

2.2.7.1. Payback

El payback o período de repago corresponde al método de evaluación económica más simple. El período de repago corresponde al tiempo que toma recuperar la inversión inicial gracias a los ingresos anuales

Matemáticamente, el payback se calcula como sigue:

$$Payback = \frac{Inversion}{Ahorros\ Energticos\ Anuales}\ [tiempo] \tag{2.7}$$

Las ventajas del método incluyen la simplicidad del cálculo y que permite no asumir o proyectar ningún valor futuro, tales como tasas de descuento, inflación u otros costos anuales durante el ciclo de vida del proyecto.

Una crítica que se le realiza a este método es que ignora todos los ahorros posteriores al tiempo de repago, por consiguiente, penalizando potencialmente aquellos proyectos que tengan ciclos de vida más largos en favor de aquellos que tengan altos ahorros iniciales respecto de la inversión.

Otra definición útil que se tiene es la siguiente: Corresponde al tiempo necesario para alcanzar el *break even*, correspondiente al punto en que el proyecto comienza a generar ganancias, es decir, cuando los costes totales igualan a los ahorros totales por concepto de eficiencia energética o implementación de ERNC. A un menor Payback, en menos tiempo el proyecto puede generar ganacias, esto también es un factor de riesgo para inversionistas.

$$Payback = \{t : F_t = 0, \quad t > 0\} \tag{2.8}$$

2.2.7.2. Valor del dinero en el tiempo

Por otra parte, los métodos que consideran el valor del dinero del tiempo parten de la idea de que un peso hoy en nuestras manos vale más que uno que recibamos en el futuro.

Dentro de este método, existen diferentes criterios de evaluación económica, entre los que se encuentran:

- Valor Actual Neto (VAN).
- Tasa Interna de Retorno (TIR).
- Life Cycle Costing (Costo de ciclo de vida).

Para definir los métodos se tienen las siguientes definiciones:

- Valor presente (P): el valor a la fecha actual de un monto de dinero.
- Valor futuro (F): el valor futuro de una inversión actual
- Interés o tasa de descuento (k): el costo de oportunidad por invertir en esta opción de proyecto.
- Horizonte temporal (N): número de años en los que se evalúa la inversión.
- Flujo de caja del año t (F_t): corresponde al beneficio o pérdida obtenido para el año t.

VAN Corresponde una manera de cuantificar a valor presente todos los beneficios estimados generados en el tiempo al realizar una inversión; con tal de saber si el proyecto generó o no riqueza. La definición matemática es la siguiente

$$VAN = P = \sum_{t=1}^{N} \frac{F_t}{(1+i)^t} \tag{2.9}$$

Tasa interna de retorno (TIR) La TIR es una medida del riesgo para el inversionista, debido a que representa cual es el costo que debe tener para él con tal que el proyecto no sea rentable.

$$TIR = \{\hat{r} : VAN(\hat{r}) = \sum_{t=1}^{n} \left(\frac{F_t}{(1+\hat{r})^t} \right) - I_0 = 0, \quad \hat{r} \in \mathbb{R}\} \tag{2.10}$$

Donde

- $\hat{r}$: Tasa interna de retorno. Tasa de descuento mínima para que el valor actual neto del proyecto sea 0.

Si:

- $TIR > k$ el proyecto debe aceptarse.
- $TIR < k$ el proyecto debe rechazarse.

Life Cycle Costs (LCC) El costo de ciclo de vida corresponde a una metodología de evaluación económica de proyectos que incorpora el concepto del valor del dinero en el tiempo, tomando en cuenta la inversión, costos operacionales, ganancias, costos por mantención de los equipos y por mejoras (o pérdidas) debidas a **eficiencia energética** de una inversión o proyecto específico.

Es central para un SGEn que la evaluación de las inversiones de la organización muestren la ganancia o pérdida relacionada a la eficiencia energética, la cuál también está íntimamente relacionada con el mateni-miento de los equipos, debido a que un equipo mal mantenido suele ser más ineficiente que uno nuevo o al que se le realizan mantenciones periódicas.

Matemáticamente, sean:

- LCC_{prop}: Costo del ciclo de vida para la situación con el proyecto ejecutado (o propuesto).
- LCC_{base}: Costo del ciclo de vida para la situación sin implementar el proyecto.

y

$$LCC_j = \sum_{t=1}^{N} \frac{F_{t,j} + M_{t,j} + EE_{t,j}}{(1+i_j)^t}$$

Donde

- j: $\{base\ ,\ prop\}$.
- $F_{t,j}$: Flujo de caja del período t, para la opción j.
- $M_{t,j}$: Costo de mantención en el período t para la opción j.
- $EE_{t,j}$: Pérdidas o ganancias por eficiencia energética en el período t para la opción j.
- i_j: Tasa de descuento del inversionista para la opción j.

Finalmente, el ahorro del ciclo de vida, o *life cycle savings*:

$$LCS = LCC_{base} - LCC_{prop} \tag{2.11}$$

Y el criterio de decisión es:

- Si $LCS > 0$ debe aceptarse la propuesta de proyecto.
- Si $LCS < 0$ debe rechazarse la propuesta de proyecto.

3 | METODOLOGÍA

Con la finalidad de establecer un marco de trabajo práctico y sistemático del diseño de un sistema de gestión de la energía y, luego de establecer los antecedentes teóricos y de contexto de la organización, se presentan los aspectos metodológicos para lograr los objetivos planteados.

Los elementos metodológicos se encuentran agrupados en dos principales ejes, en concordancia con el marco teórico de este trabajo, a saber:

- Estudio de inputs: debe considerar el levantar, consolidar y concluir respecto a la información sobre la Normativa ISO 50001, el contexto organizacional y el contexto industrial. Estos elementos son tratado en el capítulo 2 de este trabajo.
- Plan para el Diseño del Sistema de Gestión de la Energía: construcción de un marco para el cierre de brechas encontradas en el análisis de brechas y para sustentar las oportunidades de mejora en el desempeño energético encontradas en la revisión energética.

A continuación, se describe cada uno de los elementos de esta metodología. En la Figura 3.1 se exhiben cada una de las actividades realizadas para la consecución de los entregables de este trabajo.

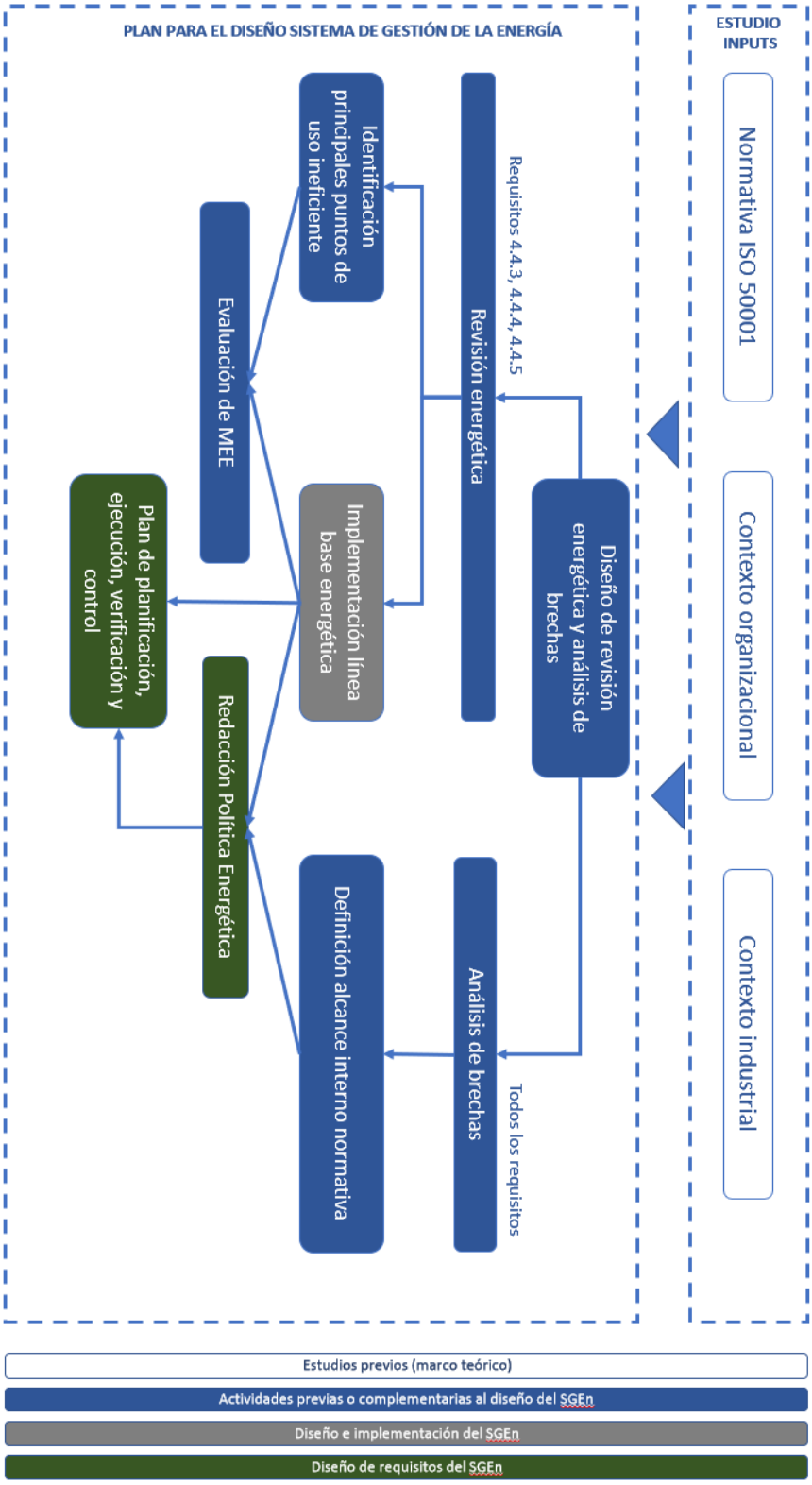

Figura 3.1: Cuadro resumen metedología de diseño de sistema de gestión energética para Centros de Salud de la comuna de Providencia. Elaboración propia.

3.1. Estudios previos

Los estudios previos consisten en la etapa inicial del trabajo realizado, y constituyen todos sus antecedentes (resumidos en el capítulo anterior). Se separan en tres principales elementos:

3.1.1. Estudio de normativa ISO50001

Revisión de la bibliografía correspondiente a la normativa oficial, guías de aplicación /implementación y otras normativas que faciliten llevar a un marco práctico de trabajo los diferentes levantamientos de información y el diseño del SGEn (principalmente, ISO50002).

3.1.2. Contexto organizacional

Recopilación de información y análisis de los principales procesos internos que deben ser considerados a la hora de diseñar un sistema de gestión energética. Principalmente, el foco de esta actividad pasa por entender las áreas y roles relevantes para la implementación futura del sistema.

3.1.3. Contexto industrial

Revisión de casos de implementación y mejores prácticos de sistemas de gestión energética y medidas de eficiencia energética en el sector salud. Esta recopilación facilita el análisis de medidas de eficiencia, así como copiar ideas de proyectos.

3.2. Actividades previas o complementarias al diseño de SGEn

Las actividades previas o complemtarias al diseño del SGEn consisten en todas aquellas que no consisten propiamente tal el diseño o implementación del sistema de gestión energética, pero que son *inputs* de información para ellas. Entre estas actividades se encuentran:

3.2.1. Diseño de revisión energética y análisis de brechas

El diseño de la revisión energética y análisis de brechas es el primer paso para la construcción de un sistema de gestión de la energía.

En conjunto, ambos instrumentos permiten revisar cada uno de los requisitos de la normativa ISO50001.

Para diseñar la revisión energética, debe tomarse alguna metodología en bibliografía que sirva para el contexto organizacional e industrial de la salud. En este trabajo, el método utilizado para realizar la revisión energética está basado en ISO50002, ya que resume la experiencia internacional en el ámbito y establece un marco para la evaluación de medidas de eficiencia energética.

El diseño de la revisión energética debe enfocarse en poder satisfacer los requisitos 4.4.3., 4.4.4. y 4.4.5 de la norma IS050001. Esto implica que la revisión debe ser capaz de:

1. Identificar los usos de energía y procesos en los que más se consume energía en los centros de salud (4.4.3.).
2. Levantar la línea base de consumo energético, con tal de poder establecer un punto de partida y un límite del consumo energético en los recintos (4.4.4.).

3. Construir los KPI necesarios para evaluar el éxito de medidas de eficiencia energética (4.4.5.).

Por otra parte, el análisis de brechas realizado es homólogo al de (Vásquez, 2017) y puede encontrarse en el anexo D. El método es escogido ya que permite revisar el estado acutal de la gestión, así como asignar puntaje de cumplimiento a cada uno de los requisitos de la norma (con la finalidad de evaluar una posible certificación).

3.2.2. Análisis de brechas

El análisis de brechas, como fue mencionado en el capítulo anterior y en (de Laire et al., 2018), es un examen de la gestión actual respecto a la energía en la organización y debe ser realizado a la alta gerencia.

A nivel de aplicación práctica, el análisis de brechas puede ser en algunas ocasiones difícil de realizar junto a los integrantes de la alta gerencia, por lo que también se registra a continuación un análisis de brechas resumido, el que toma aproximadamente 10 minutos su aplicación, y del que se puede completar el análisis presentado en (Vásquez, 2017).

1. Requerimientos generales.
   a) ¿La organización ha definido alguna forma de gestionar la energía? ¿Cuál?
2. Responsabilidades de la Administración.
   a) ¿Existen recursos especializados, humanos, financieros y tecnológicos necesarios para un sistema de gestión de la energía entregado por la gerencia?¿Hay un encargado de energía?
3. Política energética.
   a) ¿La gerencia ha definido y escrito una política energética, la cual incluya un compromiso de mejoramiento continuo en eficiencia energética? (si la respuesta es sí, pedir la política por escrito).
   b) ¿Se documenta y se comunica a través de toda la organización?
4. Planificación.
   a) Perfil Energético/Bases/KPI Energéticos.
      1) ¿Se ha recopilado y analizado información pasada y actual sobre el consumo energético y emisiones de CO2 dentro de los procesos de cada área?
   b) Obligaciones Legales y otros Requerimientos.
      1) ¿Existe un procedimiento que identifique las obligaciones legales y requerimientos relacionados con el uso y consumo de energía en las áreas correspondientes?
   c) Objetivos, metas y Planes de acción.
      1) ¿La organización ha definido un objetivo relacionado con el consumo de energía, respecto a la eficiencia?
5. Implementación y operación.
   a) Competencias, capacitación y conciencia.
      1) ¿Son identificadas las necesidades en capacitación del personal para actividades que tengan efectos en la eficiencia energética? ¿Hay difusión de la importancia del buen manejo de la energía?
   b) Documentación, requerimientos y control.
      1) ¿Existe un sistema de documentación de las acciones de energía? De ser así ¿qué contiene?
   c) Control Operacional.

1) ¿Existe alguna evaluación sobre la eficiencia energética en las actividades?

d) Comunicación.

1) ¿La organización comunica la política, metas, acciones y resultados referidos a la eficiencia energética? (Si no existe política o metas energéticas, saltar esta pregunta)

e) Diseño.

1) ¿Se ha tenido en cuenta el rendimiento energético en el diseño de instalaciones, equipos, sistemas y nuevos procesos que puedan tener un impacto significativo en el rendimiento energético?

f) Adquisiciones.

1) ¿Existe alguna norma, procedimiento o instructivo que considera la eficiencia energética cuando se realiza una evaluación de una adquisición (ya sea de una máquina, producto o servicio)?

6. Comprobando el Funcionamiento.

a) Monitoreo, Mediciones y análisis.

1) ¿Existe monitoreo de la energía en el día a día? ¿cuentan con equipos de medición para energía y temperatura?

2) ¿Existe algún tipo de Benchmarking con compañías similares en relación a los niveles de consumo y prácticas energéticas?

b) Evaluación legal/conformidad.

1) ¿Existe un procedimiento de evaluación de conformidad con el sistema de gestión de la energía con obligaciones legales y otros requerimientos relacionados con los consumos energéticos significativos?

c) Auditoría Interna.

1) ¿Existen auditorías internas realizadas en forma periódica las cuáles lleven a cabo un análisis sobre la implementación y efectividad del sistema de gestión de la energía?

d) No Conformidades, acciones correctivas, preventivas y de mejoramiento.

1) ¿Existe un procedimiento que defina responsabilidades y autoridad en el orden de gestionar y analizar las no-conformidades?

7. Revisión de la gestión de la energía.

a) ¿La jefatura ha definido una revisión periódica de todos los elementos de un sistema de gestión de la energía?

3.2.3. Definición de alcance interno de la normativa y viabilidad de la certificación actual

Respecto del alcance interno de la normativa, es decir, cuáles requisitos y en qué nivel de detalle se incorporarán en el diseño del sistema de gestión energética, depende de lo obtenido del análisis de brechas y entrevistas relacionadas a la revisión energética. Esto permite generar un diseño funcional, que sea acorde y tome los elementos positivos de la cultura organizacional existente.

3.2.4. Revisión energética

En este trabajo, se toma el enfoque propuesto en de Laire et al. (2018), el que propone realizar una auditoría energética para utilizar sus resultados como input de la revisión energética, con la finalidad de determinar los consumos de energía en las instalaciones, apoyar la determinación de la línea base e identificar oportunidades de mejora.

La revisión energética de este trabajo consiste en:

1. Obtención y análisis de datos: Esta etapa es la que representa mayor variabilidad en tiempo y recursos, ya que depende de la complejidad de los procesos y de la existencia de datos históricos de medición de energía y otras variables que afecten el desempeño energético. Implica
   - Recopilar información de consumo por procesos al interior de la organización.
   - Recopilar información sobre la producción, listado de equipos que consumen energía, parámetros operacionales e interdependecias entre el uso de energía de sistemas o procesos.
   - Resumir la información referente al costo y consumo de energía en la organización, por los criterios definidos por la Alta Dirección (uso, fuente de energía, instalación física, etc). Este se alimente de un **inventario de consumo** el que consiste en el listado de todos los equipos, identificando las siguientes variables:
     - **Sector de edificio:** para identificar el comportamiento energético de los diferentes sectores y departamentos organizacionales.
     - **Uso de energía:** macroproceso organizacional en que se usa el dispositivo.
     - **Potencia nominal:** información de potencia presente en la placa energética del equipo (en Watt, Btu u otra).
     - **Cantidad de equipos del mismo tipo en dicho sector del edificio:** permite obtener la cantidad de energía total consumida anual.
     - **Tipo de fuente energética:** electricidad, gas, combustible líquido.
     - **Horas de uso al año del equipo.**
     - **Factor de carga.**

     De este inventario de consumo se calcula el consumo total del centro y se compara con las facturas de energía, y, como se mencionó en el marco teórico, cumpliendo con el umbral de diferencia mínima es posible obtener la **distribución por usos de energía** del consumo del Centro.
2. Determinación de variables que afectan al consumo de energía: Como parte de la revisión energética, la organización debe estimar los usos y consumos energéticos futuros. Esta estimación debe realizarse, en la medida de lo posible, mediante el análisis de la influencia de las diferentes variables en los consumos energéticos identificados.
3. Identificar usos significativos de la energía: Los usos significativos de energía (USEs) son aquéllos que tienen un consumo sustancial de energía y/o que ofrecen un alto potencial de mejora en el desempeño, por lo que son los puntos en los que la organización debe enfocar su gestión. Estos se determinan mediante el principio de Pareto, en que se define cuáles de los usos de energía poseen mayor aporte a la hora de explicar el 80 % del consumo de los Centros de Salud.
4. Oportunidades de mejora: La identificación de oportunidades de mejora puede realizarse a través de distintos mecanismos, siendo los más comunes las auditorías energéticas, comentarios realizados por empresas proveedoras de productos o servicios y observaciones del personal respecto al desempeño de los sistemas o procesos. En este caso, se realiza mediante un proceso de auditoría energética.

El estándar utilizado para diseñar la auditoría energética consiste en el presentado en la norma ISO50002. La que destaca diferentes requisitos y pasos para poder llevar a cabo una auditoría energética exitosa.

Los principios de la normativa que contribuyen a generar una revisión energética en los Centros de Salud de Providencia son los siguientes ISO (2014).

- **Competencias:** El auditor debe ser compentente en habilidades técnicas (haberse relacionado antes con los usos de energía de los Centros de Salud) y legales (conocer restricciones de cumplimiento que la organización debe mantener respecto a energía).
- **Confidencialidad:** La auditoría debe ser confidencial, a menos que la organización decida lo contrario.
- **Objetividad:** El auditor debe actuar no guiado por conflictos de interés.
- **Acceso al equipamiento, recursos e información:** La organización debe proveer el acceso a todos los equipos, recursos y documentación necesaria para dar una evaluación correcta de los usos energéticos y encontrar oportunidades de reducción de consumo.
- **Unicidad de fuentes de información:** No es coherente usar 2 bases de datos para la evaluación de los usos de energía y otra para la evaluación de las medidas de eficiencia energética.
- **Canales de comunicación:** El auditor y la organización deben concordar en un medio de comunicación para la distribución de la información referente a la revisión energética.
- **Roles:** la organización es quien debe establecer el alcance de la auditoría (es decir, qué procesos o usos de energía serán revisados) y designar funcionarios que den apoyo al auditor en la consecución de los objetivos planteados. El auditor debe apoyar en la definición y cumplimiento de objetivos, guiando al equipo de auditoría; asegurarse que la Administración apoye y suministre recursos necesarios y; definir requerimientos de medición.

Los pasos a seguir para completar la auditoría son los siguientes ISO (2014):

1. **Planificación:** En esta etapa se define el alcance, los objetivos, entregables y se almacena la información preliminar de la organización (como, por ejemplo, cuentas de servicios de energía, correo electrónico y horarios de contacto de personal de Directores(as) de los Centros de Salud, restricciones legales, planificaciones estratégicas financieras, de activos y sustentabilidad).
2. **Reunión inicial y recopilación de datos:** En esta etapa se informa a los interesados sobre los objetivos, alcance, límites y métodos, además de los arreglos necesarios para auditar (inducción en seguridad, acceso, implementos de seguridad, compra de equipos para auditoría).
3. **Planificación de mediciones:** Se establece que la alta gerencia debe estar de acuerdo con el auditor en la forma de medición de los parámetros relevantes en la auditoría, entregando a éste los recursos necesarios para poder ejecutar los objetivos y alcance de la misma. Además se listan los puntos de medición relevantes, diseña estadísticamente la medición del consumo de equipos (de ser necesario), solicita apoyo para la compra o gestión de equipos de medición y define personal encargado de medir el consumo y sistemas de registro.
4. **Visita de las instalaciones y toma de medidas:** Etapa central de la auditoría. En ella el(la) auditor(a) evalúa los usos de energía y su consumo, acorde al alcance, límites, objetivos y los métodos acordados para la auditoría. Por otra parte, entiende el impacto de la operación y comportamientos de usuarios con respecto al desempeño energético y genera ideas preliminares sobre oportunidades de disminución de consumo, cambios en la operación y/o tecnologías para mejorar el desempeño energético. Por su parte, la organización debe proveer un guía o escolta para la visita, así como acceso a la información que permita abarcar el alcance de la auditoría.
5. **Análisis de datos:** Dependiendo de la metodología de visita y medición de datos, el(la) auditor(a) debe consolidar la información obtenida en una o más tablas, respondiendo a niveles de agregación diferentes.
    - Nivel general: debe mostrar los indicadores resumen de la auditoría (consumo total, consumo por fuente de energía, consumo por paciente, consumo por funcionario) que permitan hacen un benchmarking del centro con otros similares.

- Nivel evaluación actual: en este nivel se muestra la distribución del consumo por uso de energía en el centro, identificando mediante el análisis de Pareto los puntos de mayor consumo.
- Nivel granular: en este nivel se muestra la información desagregada tanto por cuenta (mensual) como consumo anual por equipo o bien consumo medido en el tiempo de cada uno (en el alcance temporal de la auditoría).

Finalmente, el(la) auditor(a) debe analizar cualés equipos, usos o sectores del Centro de Salud son sujetos de medidas de eficiencia energética y evaluarlas.

6. **Reporte final:** Una vez realizada las evaluaciones, toda la información recopilada debe presentarse en el formato acordado por la organización, el que puede ir desde informes escritos, slide, hojas de cálculo o softwares de visualización/minería de datos.
7. **Reunión de cierre:** El(la) auditor(a) presenta los resultados de la auditoría energética en una forma que se facilite la toma de decisiones a la organización. Además, debe ser capaz de explicar resultados, responder preguntas e identificar puntos para futuros análisis o seguimiento.

3.2.5. Identificación de principales puntos de uso ineficiente

La identificación de los principales puntos de uso ineficiente de energía en los Centros de Salud es realizado mediante:

- **Balance energético:** análisis cuyo resultado consiste en identificar cómo cada uno de los usos de energía (o procesos) de los Centros aportan al consumo total. El balance permite ordenar de mayor a menor los macroprocesos internos que más aportan a la cuenta energética total.
- **Entrevistas con los colaboradores del centro**: En paralelo al balance, es posible identificar mediante entrevistas qué equipos o acciones del día a día son posibles de realizar con el mismo efecto pero con un menor consumo, así como entender más en detalle las oportunidades de mejora del desempeño energético de los procesos que más aportan a la cuenta energética total.

De estos análisis, es posible fijar un clúster de equipos y procesos que pueden ser objeto de proyectos candidatos para implementar mejoras de eficiencia energética.

3.2.6. Evaluación de medidas de eficiencia energética

La evaluación de medidas de eficiencia energética (MEE) es una actividad complementaria al diseño del sistema de gestión energética, a diferencia de las otras 5 actividades en esta sección.

La actividad posee como principal entrada a la revisión energética y el levantamiento de la línea base energética, ya que estos elementos permiten **obtener las oportunidades de mejora en el desemepeño energético y estimar el posible impacto de las medidas tomadas en el consumo total del centro**, respectivamente.

3.2.6.1. Método Life Cycle Cost

Esta evaluación se realiza a nivel de prefil y mediante el método de *Life Cycle Cost*.

El método consiste evaluar los costos de la implementación de una mejora energética versus los costos de operar en las condiciones actuales (también nombrados en la bibliografía como situación base, para más información ir a la Sección 2.2.7.2).

Para las evaluaciones a realizar se considerarán los siguientes elementos:

- **Parámetros:**
  - Tasa de descuento: Se considera una tasa de descuento de 8 %, con fuente en *Gwinner* en Análisis técnico y económico de proyectos de eficiencia energética en Puerto Apache de la compañía minera Doña Inés de Collahuasi.
- **Variables:**
  - Proyección de demanda de energía: Para proyectar la demanda de energía se utilizará la información levantada en la Auditoría Energética que fue input de la Revisión Energética a implementar. La proyección se realizará con base a la tendencia de la serie temporal del consumo energético, con base en las variables determinantes del consumo obtenidas de dicho análisis, específicamente la temperatura ambiental en Santiago de Chile (ver sección 4.1).
  - Proyección de generación de energía solar: Se utilizarán los datos del *Explorador Solar* del Ministerio de Energía de Chile.
- **Supuestos:**
  - Se considerarán flujos de caja anuales para la generación de los indicadores de la evaluación.

La evaluación posee los siguiente entregables:

1. **Horizonte temporal del Plan de Acción**: Descripción del Plan de Acción y definición del horizonte temporal para el cálculo de demanda y ahorros energéticos.
2. **Proyección de la demanda energética futura**: Obtención de la demanda energética que se experimenta en el horizonte temporal definido.
3. **Proyección de ahorros energéticos por el Plan de Acción**: Cálculo de los ahorros energéticos proyectados generados por el plan de acción.
4. **Ahorros monetarios por concepto de energía**: Se obtiene la cantidad de dinero que se ahorra por el Plan de Acción, VAN, TIR y Payback (estos tres últimos con el método LCC).

Para el cálculo de los grados día mensuales se utilizará la siguiente tabla de valores.

	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
Temperatura media (°C)	20.8	19.8	17.8	14.8	11.6	8.8	8.6	9.7	11.8	14.4	17.2	19.6
Temperatura min. (°C)	12	11	9.3	6.7	5	3.2	2.7	3.4	5.1	7.1	9.1	11.2
Temperatura máx. (°C)	29.6	28.7	26.4	22.9	18.2	14.4	14.5	16.1	18.6	21.8	25.4	28
Precipitación (mm)	1	2	3	16	61	86	78	55	27	16	10	4

Figura 3.2: Tabla climática de Santiago de Chile. Fuente: climate-data.org

3.3. Diseño e implementación de requisitos del SGEn

Los requisitos a diseñar e implementar son la línea base energética y los indicadores de desempeño energético. Ambos poseen como elemento de entrada la revisión energética y el análisis de brechas.

3.3.1. Línea base energética

En este trabajo se considerará la implementación de una línea base como la planteada en Organización de las Naciones Unidas para el Desarrollo Industrial (2015), que considera, en el nivel más simple, que la línea base puede ser la cantidad total de energía consumida el año anterior a la implementación del SGEn.

La ventaja del método planteado es que permite comparar de manera simple el consumo futuro con el del año base.

La línea base energética implementada considera los siguientes elementos, derivados de la revisión energética y análisis de brechas.

- **Facturas de energía:** Se utiliza 2 años de historia de facturas para generar la línea base energética.
- **Fuentes de energía:** las fuentes de energía presentes en los centros de estudio son electricidad y gas.
- **Usos de energía:** los usos de energía y equipos relacionados presentes en los centros son:
  - **Climatización:** equipos que calefaccionan o enfrían los espacios del centro.
  - **TICs:** consiste en aquello que permite el uso de computadores, específicamente: servidores, impresoras, UPS, routers, entre otros.
  - **Iluminación:** equipos generadores de luz visible.
  - **Operación:** equipos involucrados en procesos de atención de pacientes, ya sea de manera directa (por ejemplo, bisturí o motor de cirugía) o indirecta (por ejemplo, vitrinas refrigeradoras para medicamentos).
  - **Alimentación:** artefactos utilizados para cocinar, calentar o enfriar alimentos.
  - **Calefacción de agua caliente sanitaria (ACS):** equipos que alientan agua potable para su uso en procesos del recinto.

3.3.2. Indicadores de desempeño energético

En Organización de las Naciones Unidas para el Desarrollo Industrial (2015) definen a los indicadores de desempeño energético como «indicadores . . . para ayudarlo a asegurarse de que está cumpliendo las metas de desempeño o para alertar sobre posibles problemas en la fase temprana».

También en Organización de las Naciones Unidas para el Desarrollo Industrial (2015) se especifica que los EnPIs deben ser simples de entender y que existan para cada una de las fuentes de energía y usos de energía. Dependiendo de la frecuencia y costo de realizar mediciones, estos indicadores pueden ser indicadores anuales, o bien, revisar la tendencia diaria de las fuentes y usos de energía.

3.4. Diseño de requisitos del SGEn

El resto de los requisitos de la normativa ISO 50001 son diseñados pero no implementados.

En este trabajo ha separado metodológicamente el diseño de la política energética del resto de los requisitos a diseñar. Esto es porque la definición de la política afecta la definición del resto de los requisitos normativos.

3.4.1. Política energética

La política energética es el documento oficial a través del cuál los altos directivos demuestran su compromiso con el sistema de gestión de la energía.

Con base en la revisión energética, implementación de la línea base, definición de indicadores energéticos y análisis de brechas es posible generar una política energética que considere el contexto interno de la organización en términos de procesos, estructura y energía.

Por otra parte, a la hora de construir este documento, de Organización de las Naciones Unidas para el Desarrollo Industrial (2015) se toma que la política energética debe hacer referencia a:

- El compromiso de mejorar continuamente el desempeño energético mediante la concepción y el logro de objetivos y metas relevantes.
- El compromiso de proporcionar los recursos necesarios para alcanzar sus objetivos y metas en materia de energía.
- El compromiso para adoptar las medidas necesarias para demostrar mejoras en el desempeño.
- El compromiso de cumplir con todos los requisitos legales y otros requisitos aplicables a sus actividades que impliquen un uso de energía.
- El apoyo para la compra de productos y servicios energéticamente eficientes, de acuerdo con la viabilidad económica.

El resto de los requisitos deben ser diseñados de manera consistente con lo planteado en la política, principal marco de acción del sistema de gestión de la energía.

3.4.2. Plan de planificación, ejecución, verificación y control

Finalmente, es diseñado el resto de los requisitos restantes del sistema de gestión de la energía en concordancia con la política, línea base e indicadores de desempeño energético.

El objetivo de esta etapa en el Plan de Diseño del Sistema de Gestión de la Energía es el definir el método para cerrar las brechas encontradas en cada uno de los requisitos normativos y proveer un marco para el soporte de iniciativas de mejoras al desempeño energético.

En el diseño de cada uno de los elementos del ciclo de mejora continua, que abarca esta parte del trabajo, se definirá:

- **Propuesta de ejecución**: La manera propuesta de dar cumplimiento al requisito planteado por la normativa.
- **Implementación (sólo en caso de los requisitos 4.4.4. y 4.4.5.):** En el caso de la línea base e indicadores de desempeño energético, se muestra la primera versión del requisito implementado.
- **Documentación requerida**: Se establece un diseño de alto nivel de los documentos necesarios para respaldar el cumplimiento del requisito y controlar su ejecución.

4 | RESULTADOS Y ANÁLISIS

En esta sección se presentan los resultados de este trabajo de investigación, a saber:

- **Revisión energética y análisis de brechas**, considerando la identificación de principal uso ineficiente, de los Centros de Salud CESFAM Leng, CESFAM Alessandri y CESFAM El Aguilucho.
- **Diseño del Sistema de Gestión de la Energía**, con sus respectivos requisitos implementados (línea base energética e indicadores de desempeño energético).
- **Evaluación de mejoras de eficiencia energética a nivel de perfil** y su respectivo plan de medición y verificación.

4.1. Revisión energética y análisis de brechas

Se muestra en esta sección la revisión energética y el análisis de brechas realizado, principal input para el diseño del sistema de gestión de la energía.

Este apartado consiste en el documento **Informe de revisión energética y análisis de brechas anual**, parte del diseño del SGEn a presentar en la siguiente sección.

Para comenzar, en la primera subsección se exhibe un resumen de la revisión energética.

Luego, para cada Centro se muestran los resultados obtenidos de la revisión en la siguiente estructura:

1. Datos de identificación del centro y de la revisión energética realizada.
2. Indicadores energéticos globales obtenidos, diseñados para poder comprender el estado general del centro de salud respecto del consumo de energía, además de poder compararse con otros.
3. Indicadores por uso de energía, considerando la distribución del consumo en los distintos macroprocesos del Centro y un gráfico de Pareto.
4. Curva de consumo anual en los centros de salud.
5. Análisis de resultados para la obtención de puntos de principales puntos de consumo ineficiente en el centro y la identificación de oportunidades de mejoras en eficiencia energética.

Finalmente, el análisis de brechas es presentado en un único apartado en el cuál se ve la información obtenida del análisis y se concluye respecto del estado general de cumplimiento de la normativa ISO 50001 por parte de la administración del Centro.

4.1.1. Resumen de la revisión energética

4.1.1.1. Línea base energética

Los indicadores globales energéticos obtenidos para cada uno de los centros son:

1. Consumo energético anual base por centro (**CEABC**): El recinto que más consume energía es el CESFAM Alessandri, con **407.437 kWh anuales.**
2. Consumo energético anual base por centro por área del recinto(**CEABCA**): El recinto que más consume por área es el CESFAM El Aguilucho, con **457,8 kWh/m2**.
3. Costo anual base por recinto(**CABR**): El centro que más gasta al año en energía es el CESFAM Alessandri, con **45.556.209 CLP/año**.

Se presenta, a continuación, el detalle de los indicadores globales de energía, separando entre electricidad y gas.

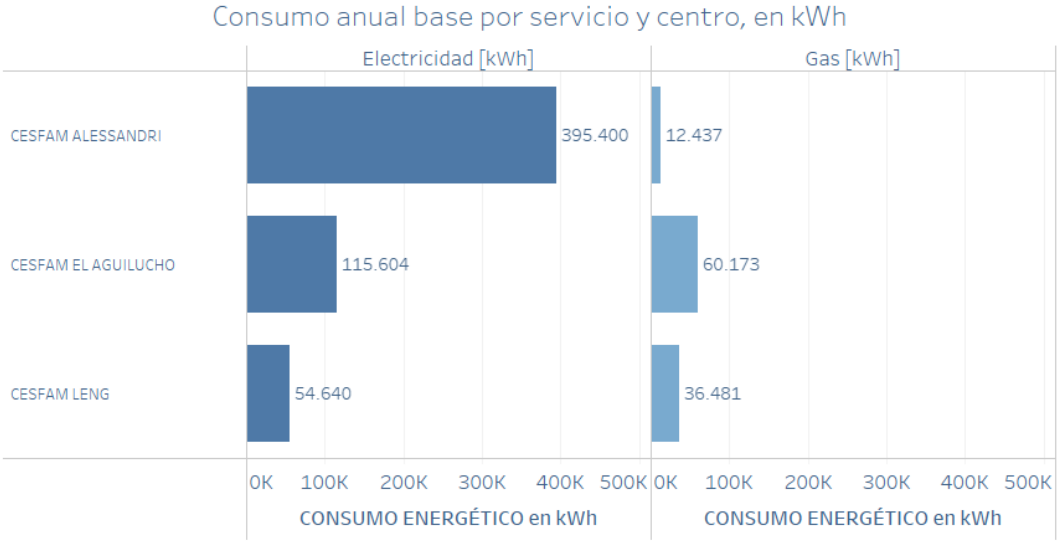

Figura 4.1: Consumo energético anual base por servicio y centro. Elaboración propia.

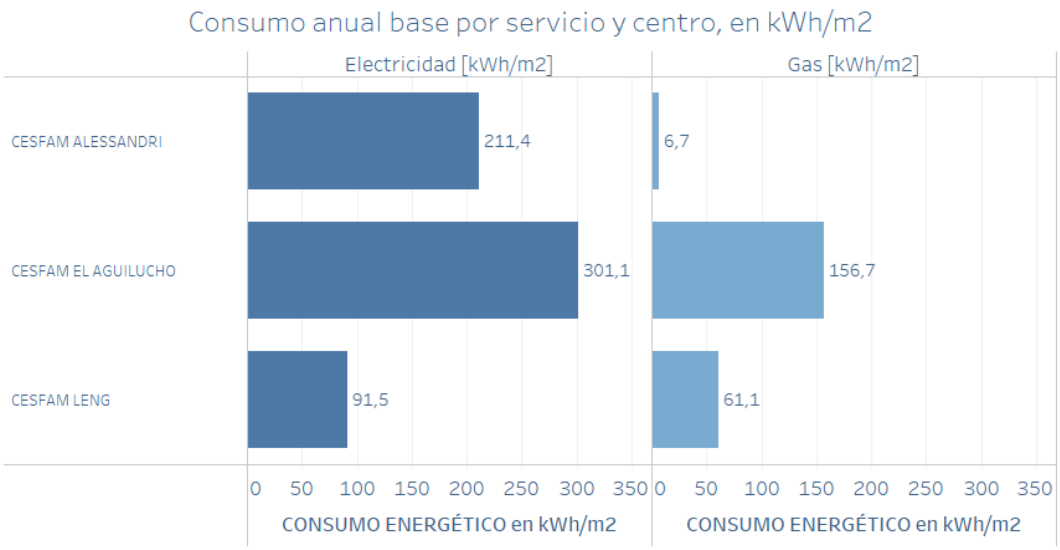

Figura 4.2: Consumo energético anual base por servicio y centro por área del recinto. Elaboración propia.

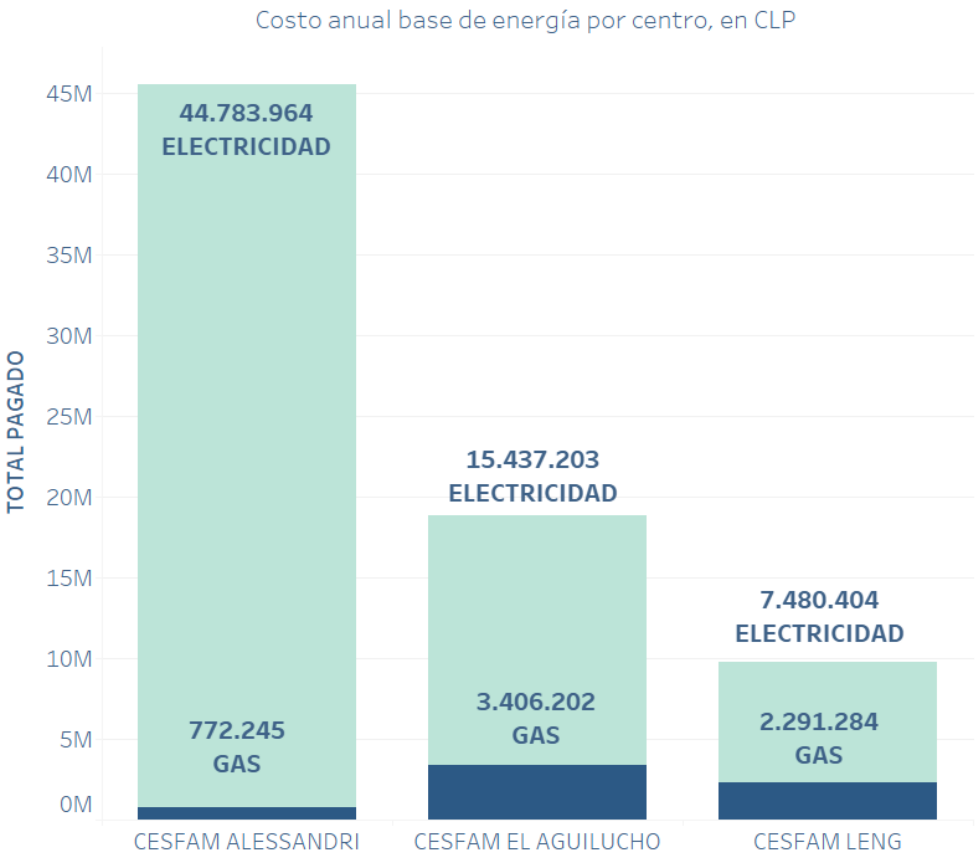

Figura 4.3: Costo anual base por recinto. Elaboración propia.

Una métrica adicional es el consumo por paciente, el que se detalla a continuación por Centro:

- CESFAM Leng, con **11,49 kWh/paciente/año**.
- CESFAM Alessandri, con **17,00 kWh/paciente/año**.
- CESFAM El Aguilucho, con **3,26 kWh/paciente/año**.

4.1.1.2. Variables relevantes para determinar el desempeño energético

Las variables relevantes consisten, según la normativa ISO 50001, en cualquier variable que tenga una correlación con el desempeño energético de una organización.

De la revisión energética realizada, se obtiene que es posible determinar las variables relevantes que afectan al consumo energético es la estacionalidad, determinada por la **temperatura ambiental en Santiago de Chile**.

Respecto de esto, se puede apreciar que existe una tendencia a tener peaks de consumo en los meses de invierno. Para los centros visitados, los peaks se dan:

- CESFAM Leng: en julio (**12.482 kWh, 1.102.797 CLP**).
- CESFAM Alessandri: en julio (**45.175 kWh, 4.105.450 CLP**).
- CESFAM El Aguilucho: en junio (**20.752 kWh, 1.639.601 CLP**).

De lo que se infiere una correlación negativa entre temperatura y consumo energético y entre horas de luz solar y consumo energético. También, de la revisión energética y análisis de brechas, se obtiene que los meses de mayor actividad coinciden con los meses de invierno, lo que también es una variable relevante.

4.1.1.3. Usos de energía que más impactan en el desempeño energético

En este apartado se muestran los macroprocesos que más aportan, desde la persepectiva del análisis de Pareto, al 80 % del consumo energético de los centros auditados.

Respecto de los macroprocesos que más consumen energía en los Centros de salud, se obtiene que para los 3 auditados el uso más intensivo en consumo de energía es el de **Climatización**, consumiendo más del 30 % de la energía en todos los casos.

Lo intensivo del uso viene explicado porque en todos los centros se repite nula o poca aislación térmica de los recintos, traspasando una gran carga térmica a los equipos de aire acondicionado (los que, en muchas ocasiones, tenían más de 10 años de uso).

A nivel de detalle, los usos de energía que más aportan al 80 % de consumo en los Centros de Salud.

- CESFAM Leng: Climatización (**50,30 %**), Iluminación (**16,8 %**) y TICs (**16,1 %**).
- CESFAM Alessandri: Climatización (**39,80 %**), TICs (**29,5 %**) y Calefacción ACS (**15,9 %**).
- CESFAM El Aguilucho: Climatización (**33,50 %**), Calefacción ACS (**31,1 %**) y TICs (**14,9 %**)

4.1.1.4. Oportunidades de mejora energética

Con base en la auditoría energética que fue input de esta revisión energética se presentan las oportunidades de mejora que son candidatas para implementar medidas de eficiencia energética.

En el caso del CESFAM Leng se pueden realizar las siguientes recomendaciones:

- Climatización:

1. Implementar aislación con termopanel en las ventanas del recinto. De esta manera los recintos con gran cantidad de ventanas y tragaluces pondrán una mayor resistencia a la transferencia de calor que hace que los aires acondicionados enfrenten una mayor carga térmica para mantener las condiciones de confort determinadas por la organización.
2. Renovar los equipos de aire acondicionado por sistemas nuevos y con tecnología *inverter*, los que necesitan una menor potencia y consumo para poder alcanzar las necesidades de confort configuradas.

- Iluminación:
  1. Terminar de implementan paneles LED en pasillos y box del recinto.
  2. Realizar una campaña educativa para promover el consumo consciente de iluminación, recordando apagar las luces en recintos no utilizados.
- TICs:
  1. Invertir en ancho de banda o mejora la velocidad de carga del sistema de gestión, con tal que sea posible apagar los computadores en la noche.
  2. Contratar personal que prenda los computadores cada mañana, en el horario que la tardanza en el encendido de los sistemas no afecte la calidad de atención a los pacientes.

Para el CESFAM Alessandri:

- Transversal al uso de energía (considerando que el centro será trasladado a un nuevo recinto):
  1. Realizar estudios de prefactibilidad para la compra de equipos que consideren, a la hora de seleccionar las mejores alternativas:
     - El ahorro energético relativo entre ellas.
     - El impacto ambiental, a nivel de emisiones de GEI, de cada sistema candidato.
  2. Capacitar, antes, durante y despúes de la puesta en marcha, al personal en el uso eficiente de la energía que alimenta a cada uno de los equipos que utilizará.
- Climatización:
  1. Instalar aislación por termopanel y/o cortinas en las ventanas del cielo del recinto.
  2. Generar recintos con menor altura, que reduzcan la carga térmica de los box de atención (y si el recinto no se traslada, se recomienda instalar cielo americano para disminuir el volumen a calefaccionar o enfriar).
- TICs:
  1. Invertir en ancho de banda o mejorar la velocidad de carga del sistema de gestión, con tal que sea posible apagar los computadores en la noche.
  2. Contratar personal que prenda los computadores cada mañana, en el horario que la tardanza en el encendido de los sistemas no afecte la calidad de atención a los pacientes.
- Calefacción de ACS:
  1. Realizar campaña educativa que fomente reducir el tiempo de uso de la ducha con agua caliente.

Para el CESFAM El Aguilucho:

- Climatización:
  1. Implementar sistemas de aislación térmica, desde cortinas hasta instalación de ventanas con termopanel, para disminuir la oscilación térmica de los sectores del edificio, mejorar las condiciones de habitabilidad y, por ende, disminuir el consumo energético al ser menos necesarios la calefacción o enfriamiento.

- Calefacción de ACS:
  1. Reducir el consumo de agua caliente. Los sistemas de calderas son automáticos y usan energía en función de la demanda. Por lo tanto, lo mejor es hacer una campaña educativa para usar el agua caliente sólo si es necesario.
- TICs:
  1. Nuevamente, los colaboradores destacan que no les es posible apagar los computadores debido a que el sistema de gestión informático que poseen tarda mucho en volver a iniciarse si es que el PC se apaga. Se recomienda invertir en ancho de banda o mejora la velocidad de carga del sistema de gestión, con tal que sea posible apagar los computadores en la noche. Otra opción consiste en contratar a alguien que prenda los computadores cada mañana, en algún momento que no afecte la calidad de atención a los pacientes del centro.

4.1.2. Revisión energética: CESFAM Leng

4.1.2.1. Datos de identificación del centro

IDENTIFICACIÓN AUDITORÍA	
CENTRO	CESFAM Leng
FECHA	noviembre 2018
TIPO CENTRO	Salud
UBICACIÓN	Manuel Montt 303

PERSONAL RESPONSABLE			
AUDITADO POR	Álvaro Torres Mendoza	CARGO	Practicante
SUPERVISADO POR	Claudio Tapia Balboa	CARGO	Encargado de Agua, Energía y Cambio Climático
AUTORIZADO POR	Jorge Rodríguez	CARGO	Director

4.1.2.2. Indicadores energéticos globales

Los resultados referentes al desempeño energético del centro CESFAM Leng son:

INDICADORES GLOBALES DEL CENTRO		
EnPI	**VALOR**	**UNIDAD**
Energía anual consumida	91931	kWh/año
Capacidad Instalada Total	108017	kW
Capacidad Eléctrica	73017	kW
Capacidad Gas	35000	kW
kWh por metro cuadrado	153,99	kWh/m^2/año
kWh por funcionario	1532,19	kWh/funcionario/año
kWh por paciente	11,49	kWh/paciente/año
Costo total	9833359	$/año
Costo por kWh	107	$/kWh
Energía anual auditada	101276	kWh/año
Error porcentual auditoría	9,23%	por ciento

Figura 4.4: Indicadores de desempeño energético globales del CESFAM Leng. Elaboración propia.

4.1.2.3. Indicadores por uso de energía

Los usos de energía del Centro corresponden a: climatización, iluminación, tecnologías de información y comunicaciones (TICs), alimentación de colaboradores, operaciones del centro (atención del paciente) y calefacción de agua caliente sanitaria (ACS). La distribución del consumo por uso es como sigue:

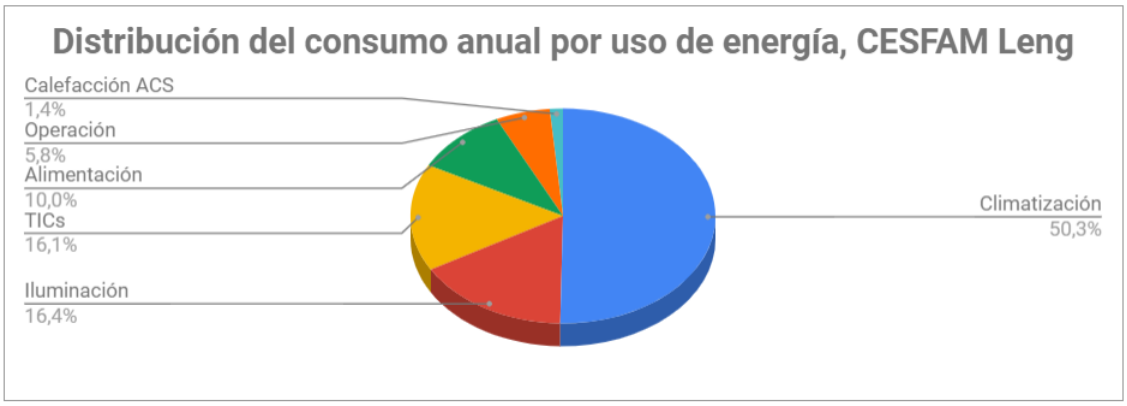

Figura 4.5: Distribución del consumo por uso de energía en el CESFAM Leng. Elaboración propia.

De la cantidad de energía auditada también se desprende un gráfico de Pareto, el que permite identificar los usos que explican el 80 % del consumo energético en el Centro. Esta gráfica se muestra a continuación.

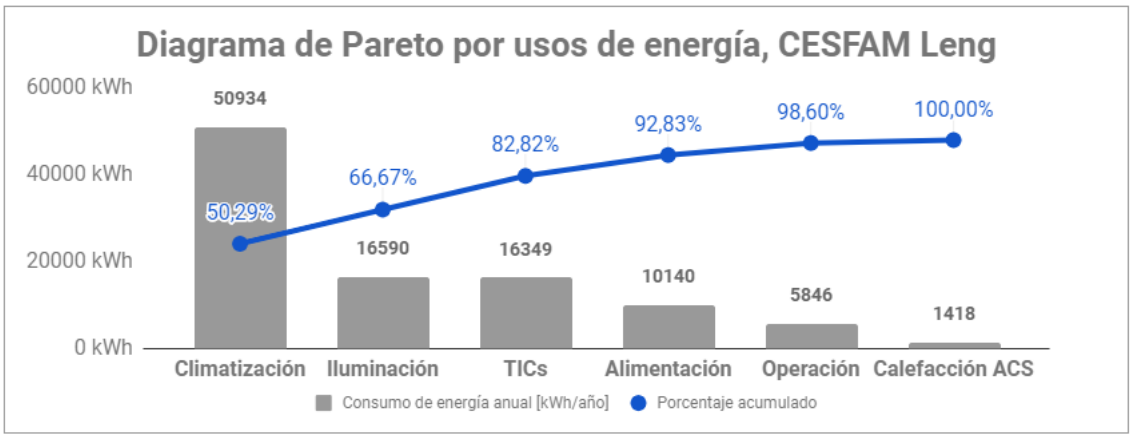

Figura 4.6: Consumo anual por uso de energía y porcentaje acumulado en el CESFAM Leng (gráfico de Pareto). Elaboración propia.

4.1.2.4. Curva de consumo anual

Finalmente, de la revisión energética también se generan las curvas de consumo anual, cuya finalidad es dar información sobre el comportamiento del consumo durante el año e identificar las variables relevantes que inciden en él (por ejemplo: clima, número de pacientes, luz solar, etc.). Estas se generan a partir de la información obtenida de las facturas de energía del Centro.

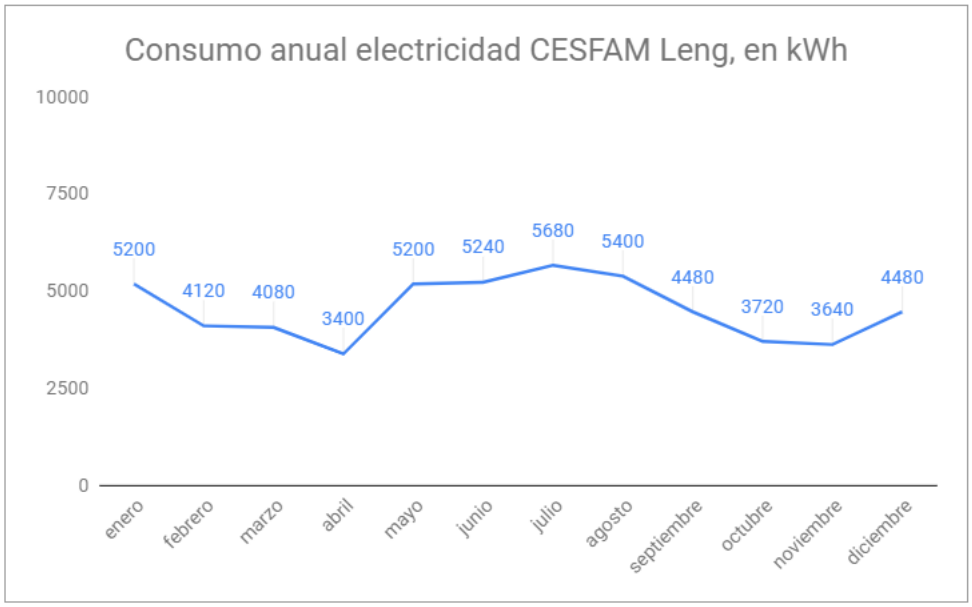

Figura 4.7: Consumo anual base de electricidad en el CESFAM Leng, en kWh. Elaboración propia.

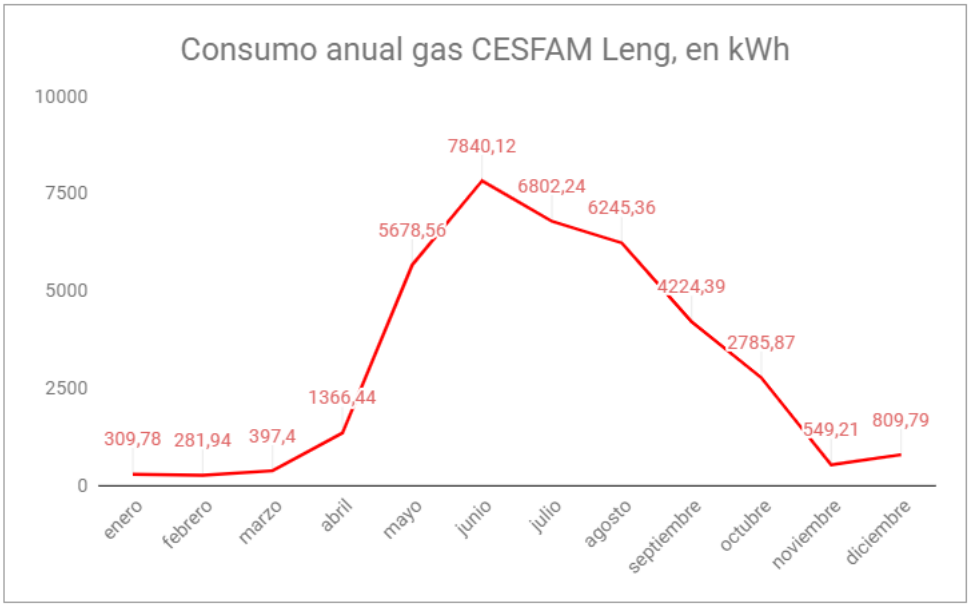

Figura 4.8: Consumo anual base de gas en el CESFAM Leng, en kWh. Elaboración propia.

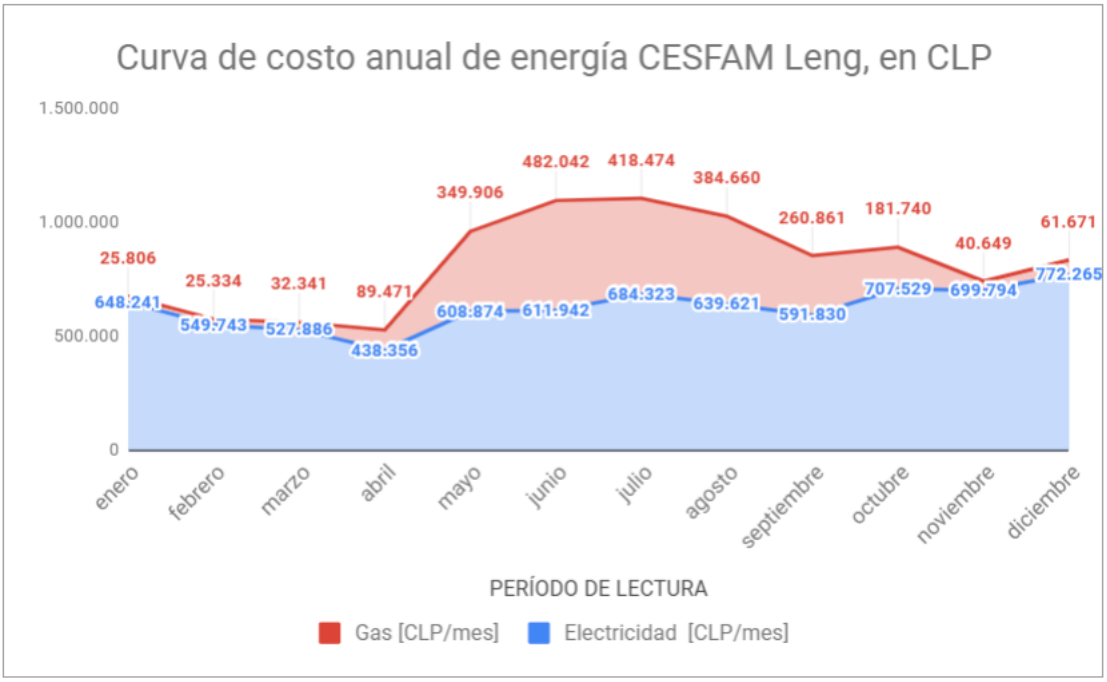

Figura 4.9: Curva de costos anual de energía en pesos chilenos. Elaboración propia.

4.1.2.5. Análisis

Antes de realizar el análisis, se debe considerar lo siguiente para este Centro:

- El Centro posee equipamiento de climatización antiguo, presentando los equipos de aire acondicionado con mayor consumo en toda la comuna.
- El centro complementa, en mayor medida que otros centros, la calefacción provista por aire acondicionado con estufas a gas y calefactores eléctricos (consumiendo aparte de aire acondicionado 34.470 kWh/año, unos 3.611.250 CLP/año o 37,5 % del costo anual).

Con estos resultado, se está en condiciones, con ayuda de las entrevistas realizadas a colaboradores y el gráfico de Pareto, de identificar las principales ineficiencias y oportunidades de mejora energética en el centro.

Lo anterior permite establecer las principales oportunidades de mejora en los usos **Climatización**, **Iluminación** y **TICs**.

- Climatización (**50,29 % del consumo**): El consumo se explica principalente, por 2 factores; (i) la antigüedad de los equipos, lo que implica que sean menos eficientes, requiriendo más energía que equipos con tecnología más recientemente desarrollada para lograr los mismos resultados, y; (ii) la extensión de ventanas (principalmente orientadas hacia el norte, recibiendo directamente la luz solar durante todo el año), tragaluces y puertas con vidrio sin aislación, que generar una mayor carga energética para poder lograr condiciones de confort en el centro.
- Iluminación (**16,4 % del consumo**): En este ítem, el consumo es explicado (a pesar de la existencia de tragaluces) por la extensión de pasillos y box de atención sin luz solar directa, o bien, sin ventanas.
- TICs (**16,1 % del consumo**): Debe su consumo a computadores y servidores. Los colaboradores destacan que no les es posible apagar los computadores debido a que el sistema de gestión informático que poseen tarda mucho en volver a iniciarse si es que el PC se apaga.

4.1.2.6. Recomendaciones

De lo anterior se pueden realizar las siguientes recomendaciones:

- Climatización:
  1. Implementar aislación con termopanel en las ventanas del recinto. De esta manera los recintos con gran cantidad de ventanas y tragaluces pondrán una mayor resistencia a la transferencia de calor que hace que los aires acondicionados enfrenten una mayor carga térmica para mantener las condiciones de confort determinadas por la organización.
  2. Renovar los equipos de aire acondicionado por sistemas nuevos y con tecnología *inverter*, los que necesitan una menor potencia y consumo para poder alcanzar las necesidades de confort configuradas.
- Iluminación:
  1. Terminar de implementan paneles LED en pasillos y box del recinto.
  2. Realizar una campaña educativa para promover el consumo consciente de iluminación, recordando apagar las luces en recintos no utilizados.
- TICs:
  1. Invertir en ancho de banda o mejora la velocidad de carga del sistema de gestión, con tal que sea posible apagar los computadores en la noche.
  2. Contratar personal que prenda los computadores cada mañana, en el horario que la tardanza en el encendido de los sistemas no afecte la calidad de atención a los pacientes.

4.1.3. Análisis de brechas: CESFAM Leng

Se presenta el estado actual del cumplimiento de los requisitos de la normativa ISO 50001 para el CESFAM Leng en la Figura 4.10. Para mayor información sobre cómo los elementos de la gestión ponderan en la evaluación del cumplimiento de los requisitos de la norma, ir al Anexo D

El resultado presentado en la Figura 4.10 se debe a que, de lo referente a la gestión de la energía según la normativa, el centro ha implementado los siguientes elementos:

- Política energética: Existe respaldo de las facturas de energía y agua al interior del centro.
- Planificación: Se recopila información actual y pasada sobre el consumo energético.
- Implementación y operación: Se ha evaluado el uso de energía durante el año anterior a la evaluación, contabilizando el consumo energético total. A la hora de comprar equipos, sólo se aplica el criterio del menor costo, sin considerar ahorros por factores energéticos.
- Comprobación del desempeño: Se revisa el costo de energía una vez al año.

En los requisitos restantes, el centro no presenta acciones relacionadas.

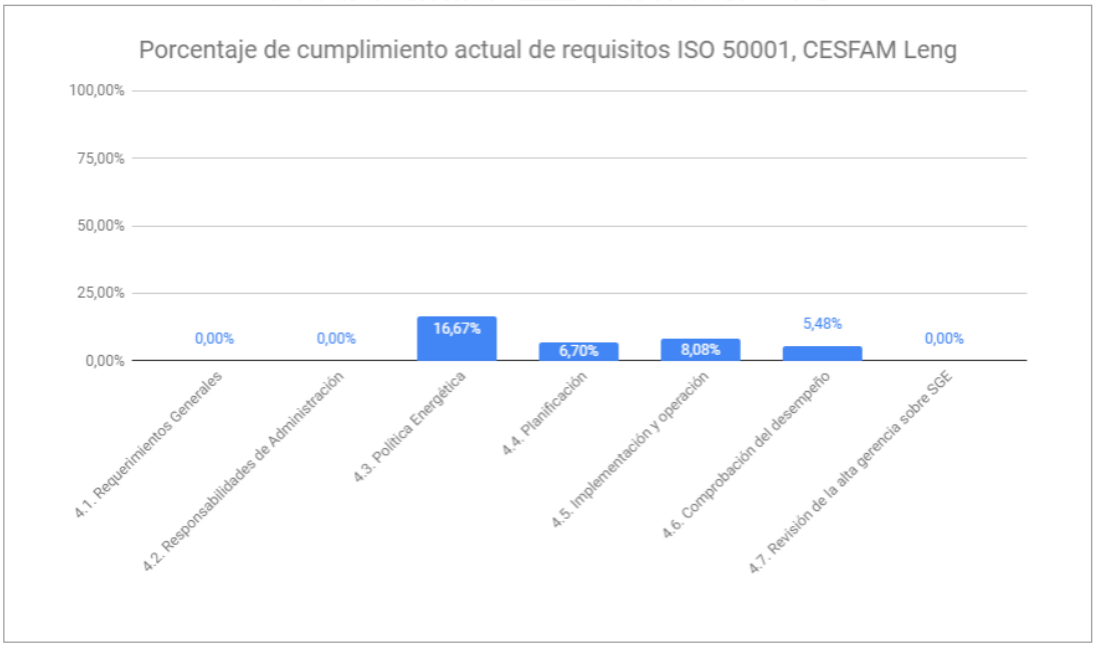

Figura 4.10: Porcentaje de cumplimiento actual de requisitos de la norma ISO 50001. Elaboración propia.

4.1.4. Revisión Energética: CESFAM Alessandri

4.1.4.1. Datos de identificación del centro

IDENTIFICACIÓN AUDITORÍA	
CENTRO	CESFAM Alessandri
FECHA	noviembre 2018
TIPO CENTRO	Salud
UBICACIÓN	Los Jesuitas 857

PERSONAL RESPONSABLE			
AUDITADO POR	Álvaro Torres Mendoza	CARGO	Practicante
SUPERVISADO POR	Claudio Tapia Balboa	CARGO	Encargado de Agua, Energía y Cambio Climático
AUTORIZADO POR	Sussi Contreras	CARGO	Directora

4.1.4.2. Indicadores energéticos globales

Los resultados referentes al desempeño energético del centro CESFAM Alessandri son presentados a continuación.

INDICADORES GLOBALES DEL CENTRO		
EnPI	VALOR	UNIDAD
Energía anual consumida	424931	kWh/año
Capacidad Instalada Total	130	kW
Capacidad Eléctrica	94	kW
Capacidad Gas	36	kW
kWh por metro cuadrado	239	kWh/m^2/año
kWh por funcionario	3294	kWh/funcionario/año
kWh por paciente	17	kWh/paciente/año
Costo total	42297521	$/año
Costo por kWh	100	$/kWh
Energía anual auditada	283874	$/kWh
Error porcentual auditoría	33,20%	porciento

Figura 4.11: Indicadores de desempeño energético globales del CESFAM Alessandri. Elaboración propia.

De esta auditoría, es importante destacar que la principal explicación del descuadre entre la energía auditada y la energía real consumida anualmente, en palabras de sus empleados, corresponde a que existen vecinos que toman energía desde la instalación eléctrica que alimenta al centro.

4.1.4.3. Indicadores por uso de energía

Los usos de energía del centro corresponden a: climatización, tecnologías de información y comunicaciones (TICs), calefacción de agua caliente sanitaria (ACS), iluminación, alimentación de colaboradores, operaciones del centro (atención del paciente).

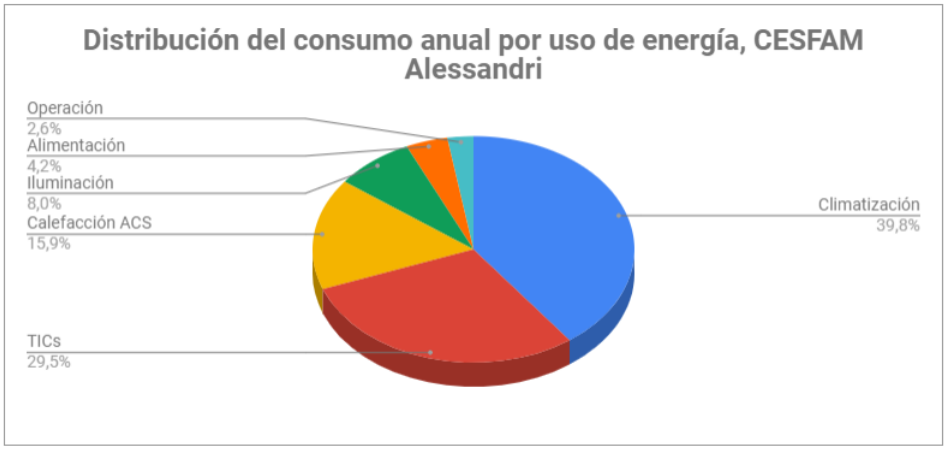

Figura 4.12: Distribución del consumo por uso de energía en el CESFAM Alessandri. Elaboración propia.

De la cantidad de energía auditada también se desprende un gráfico de Pareto, el que permite identificar los usos que explican el 80 % del consumo energético en el Centro. A continuación, se presenta la gráfica.

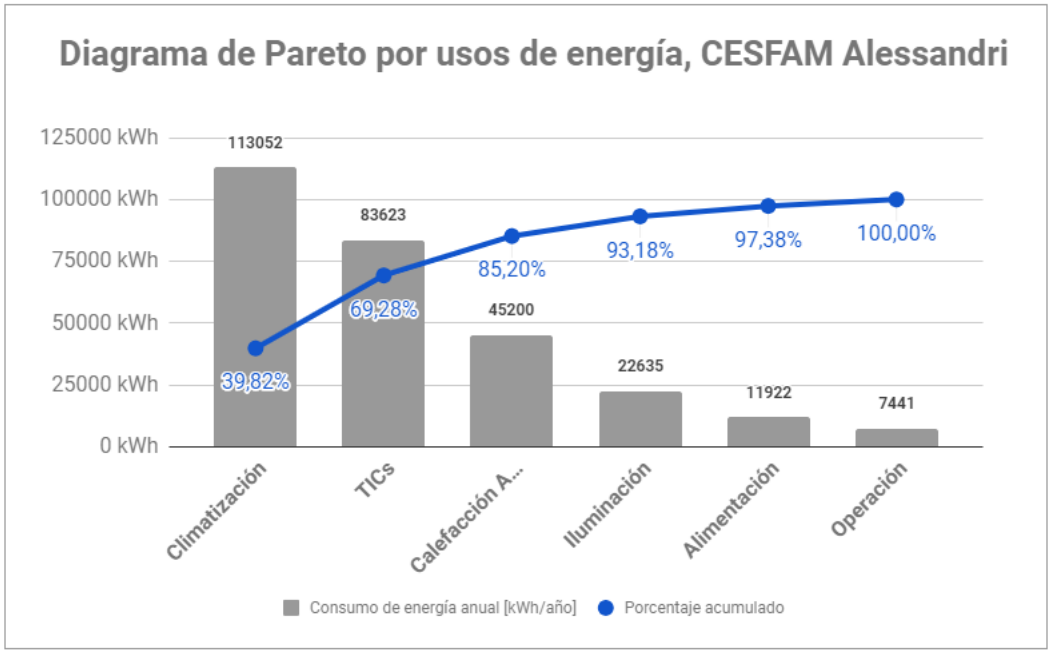

Figura 4.13: Consumo anual por uso de energía y porcentaje acumulado en el CESFAM Alessandri (gráfico de Pareto). Elaboración propia.

4.1.4.4. Curva de consumo anual

Finalmente, de la revisión energética también se generan las curvas de consumo anual, cuya finalidad es dar información sobre el comportamiento del consumo durante el año e identificar las variables relevantes que inciden en él (por ejemplo: clima, número de pacientes, luz solar, etc.). Estas se generan a partir de la información obtenida de las facturas de energía del Centro.

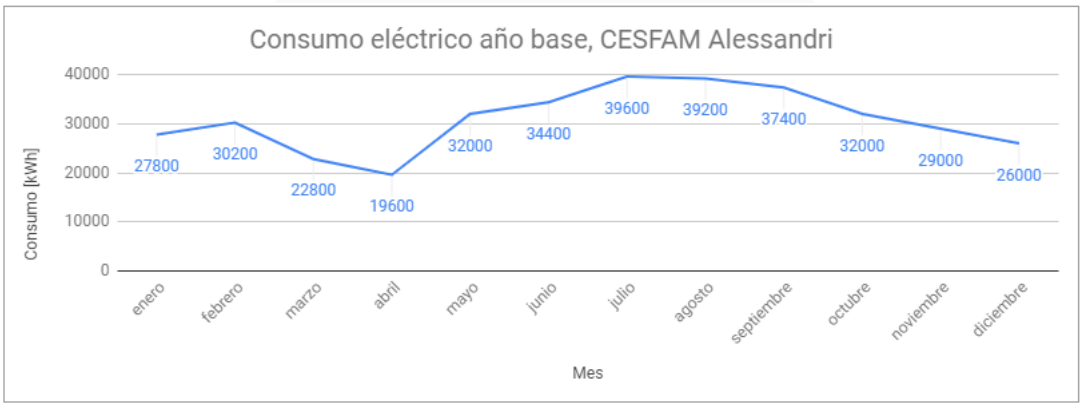

Figura 4.14: Consumo anual base de electricidad en el CESFAM Alessandri, en kWh. Elaboración propia.

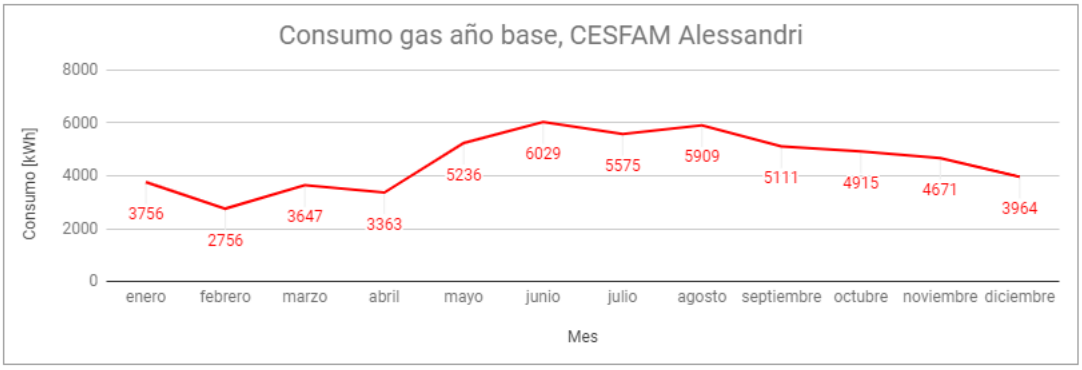

Figura 4.15: Consumo anual base de gas en el CESFAM Alessandri, en kWh. Elaboración propia.

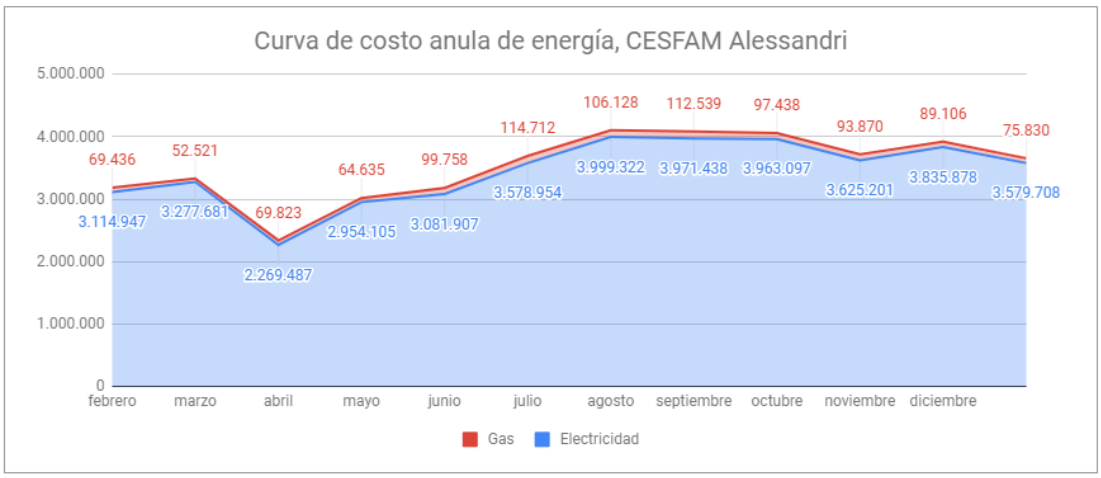

Figura 4.16: Curva de costos anual de energía en pesos chilenos, CESFAM Alessandri. Elaboración propia.

4.1.4.5. Análisis

Antes de realizar el análisis, se debe considerar lo siguiente para este Centro:

- De todos los centros visitados, el CESFAM Alessandri es el que más consume energía.
- Es el único centro de salud que posee tipo de cuenta de tipo alta tensión (AT3, específicamente).
- Respecto de la cantidad de energía auditada, ésta dista un 33 % respecto de lo informado de las cuentas de energía. Ante esto, diversos funcionarios comentaban en la visita que existen vecinos «colgados» de las redes eléctricas del centro, lo que explicaría la diferencia.
- Respecto de la reconstrucción del centro, a la fecha de la auditoría la directora del centre comentó que el CESFAM iba a ser reconstruido. Esto representa una gran oportunidad para apoyar la decisión de instalación de equipos de ahorro energético y equipos de generación de ERNC.

Con estos resultados, se está en condiciones, con ayuda de las entrevistas realizadas a colaboradores y el gráfico de Pareto, de identificar las principales ineficiencias y oportunidades de mejora energética en el centro.

Lo anterior permite establecer las principales oportunidades de mejora en **Climatización**, **TICs** y **Calefacción de Agua Caliente Sanitaria**.

- Climatización (**39,80 % del consumo**): El consumo es explicado por (i) la gran extensión de ventanas y la altura de la planta base del recinto (de aproximadamente 4 metros); (ii) la falta de aislación de espacios para facilitar la consecución de condiciones de confort en el Centro. Es importante agregar que los funcionarios comentan que los equipos de aire acondicionado dejan de funcionar definitivamente dada la carga térmica del medio (ya que nunca alcanza la temperatura de confort configurada).
- TICs (**29,5 % del consumo**): En este ítem, el consumo es explicado porque la administración (al igual que en todos los centros considerados en este trabajo) ha recomendado a sus trabajadores no apagar los computadores nunca. Esto es debido a que el sistema informático que ocupan para la gestión de horas (Rayén) toma mucho en iniciar cuando se apaga el computador, lo que genera lentitud en la atención de las horas de la mañana.
- Calefacción de ACS (**15,9 % del consumo**): El consumo energético consiste en el uso de cálefon para el personal no médico, quiénes usan las duchas todos los días al dejar el Centro.

4.1.4.6. Recomendaciones

De lo anterior se pueden realizar las siguientes recomendaciones:

- Transversal al uso de energía (considerando que el centro será trasladado a un nuevo recinto):
  1. Realizar estudios de prefactibilidad para la compra de equipos que consideren, a la hora de seleccionar las mejores alternativas:
     - El ahorro energético relativo entre ellas.
     - El impacto ambiental, a nivel de emisiones de GEI, de cada sistema candidato.
  2. Capacitar, antes, durante y despúes de la puesta en marcha, al personal en el uso eficiente de la energía que alimenta a cada uno de los equipos que utilizará.
- Climatización:
  1. Instalar aislación por termopanel y/o cortinas en las ventanas del cielo del recinto.
  2. Generar recintos con menor altura, que reduzcan la carga térmica de los box de atención (y si el recinto no se traslada, se recomienda instalar cielo americano para disminuir el volumen a calefaccionar o enfriar).
- TICs:
  1. Invertir en ancho de banda o mejorar la velocidad de carga del sistema de gestión, con tal que sea posible apagar los computadores en la noche.
  2. Contratar personal que prenda los computadores cada mañana, en el horario que la tardanza en el encendido de los sistemas no afecte la calidad de atención a los pacientes.
- Calefacción de ACS:
  1. Realizar campaña educativa que fomente reducir el tiempo de uso de la ducha con agua caliente.

4.1.5. Análisis de brechas: CESFAM Alessandri

Se presenta el estado actual del cumplimiento de los requisitos de la normativa ISO 50001 para el CESFAM Alessandri en la Figura 4.17. Para mayor información sobre cómo los elementos de la gestión ponderan en la evaluación del cumplimiento de los requisitos de la norma, ir al Anexo D

El resultado presentado en la Figura 4.17 se debe a que, de lo referente a la gestión de la energía según la normativa, el centro ha implementado los siguientes elementos:

- Responsabilidades de la Administración: La organización ha delegado en el personal de Mantemiento la labor de controlar y mitigar mal uso de recursos energéticos al interior de la organización (principalmente apagar luces y otros equipos en sectores no utilizados).
- Planificación: Existe una revisión de los costos asociados a energía de manera mensual, mas no una documentación o análisis de las causas del mismo. Además, en el centro se reconoce que existe un sobreconsumo en calefacción, ya que muchos box poseen aire acondicionados y estufas a gas para alcanzar las condiciones de confort.
- Implementación y operación: El personal de Mantenimiento encargado de mitigar el consumo ineficiente en el día a día posee certificaciones en Climatización y Calefacción de Agua Caliente Sanitaria. Además, a la hora de comprar equipos, prefieren aquellos con una etiqueta que califique al equipo como uno más eficiente energéticamente que sus alternativas.
- Comprobación del desempeño: Como se mencionó a en el item Planificación, la administración revisa mes a mes los consumos energéticos, sin documentar cambios ni analizar causas.

En los requisitos restantes, el centro no presenta acciones relacionadas.

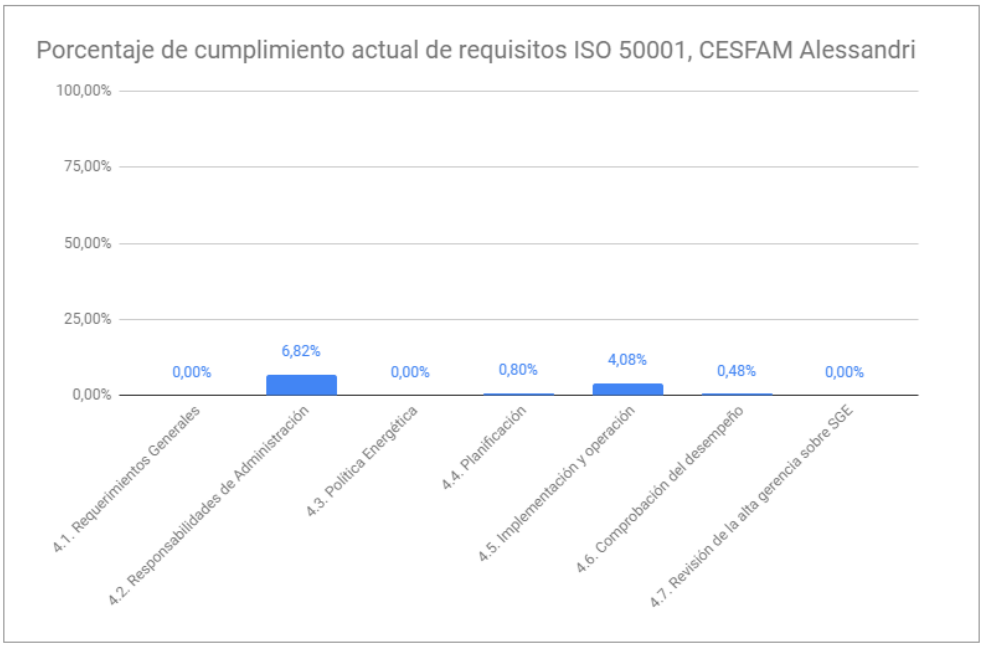

Figura 4.17: Porcentaje de cumplimiento actual de requisitos de la norma ISO 50001, CESFAM Alessandri. Elaboración propia.

4.1.6. Revisión Energética: CESFAM El Aguilucho

4.1.6.1. Datos de identificación del centro

IDENTIFICACIÓN AUDITORÍA	
CENTRO	CESFAM y SAPU El Aguilucho
FECHA	noviembre 2018
TIPO CENTRO	Salud
UBICACIÓN	El Aguilucho 3292 / El Aguilucho 3235

PERSONAL RESPONSABLE			
AUDITADO POR	Álvaro Torres Mendoza	CARGO	Practicante
SUPERVISADO POR	Claudio Tapia Balboa	CARGO	Encargado de Agua, Energía y Cambio Climático
AUTORIZADO POR	Claudia Véjar Pino	CARGO	Directora

4.1.6.2. Indicadores energéticos globales

Los resultados referentes al desempeño energético del centro CESFAM El Aguilucho son presentados a continuación.

INDICADORES GLOBALES DEL CENTRO		
EnPI	VALOR	UNIDAD
Energía anual consumida	179144	kWh/año
Capacidad Instalada Total	102428	kW
Capacidad Eléctrica	101428	kW
Capacidad Gas	1000	kW
kWh por metro cuadrado	329,31	kWh/m^2/año
kWh por funcionario	2756,07	kWh/funcionario/año
kWh por paciente	3,26	kWh/paciente/año
Costo total	18459570	$/año
Costo por kWh	103	$/kWh
Energía anual auditada	198961	kWh/año
Error porcentual auditoría	9,96%	por ciento

Figura 4.18: Indicadores de desempeño energético globales del CESFAM El Aguilucho. Elaboración propia.

4.1.6.3. Indicadores por uso de energía

Los usos de energía del centro corresponden a: climatización, calefacción de agua caliente sanitaria (ACS), tecnologías de información y comunicaciones (TICs), operaciones del centro (atención del paciente), iluminación y alimentación de colaboradores.

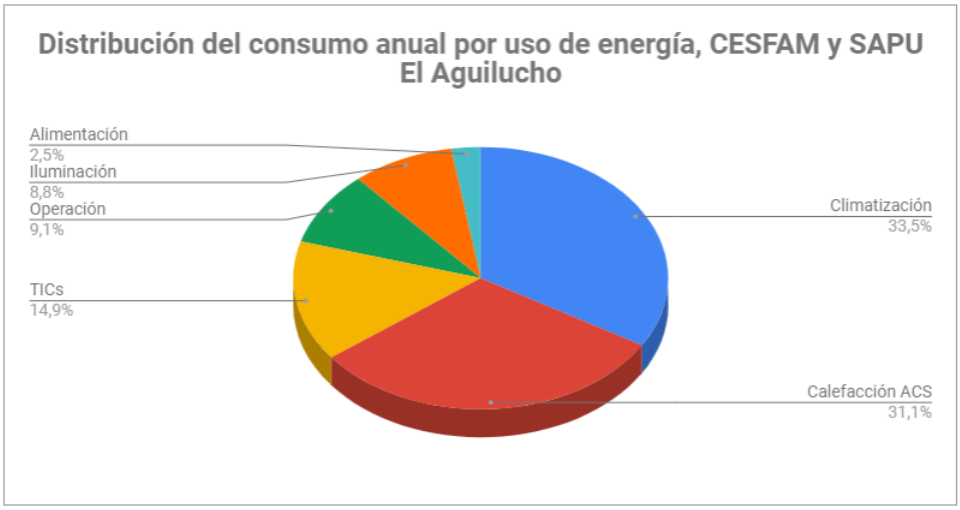

Figura 4.19: Distribución del consumo por uso de energía en el CESFAM El Aguilucho. Elaboración propia.

De la cantidad de energía auditada también se desprende un gráfico de Pareto, el que permite identificar los usos que explican el 80 % del consumo energético en el Centro. A continuación, se presenta la gráfica.

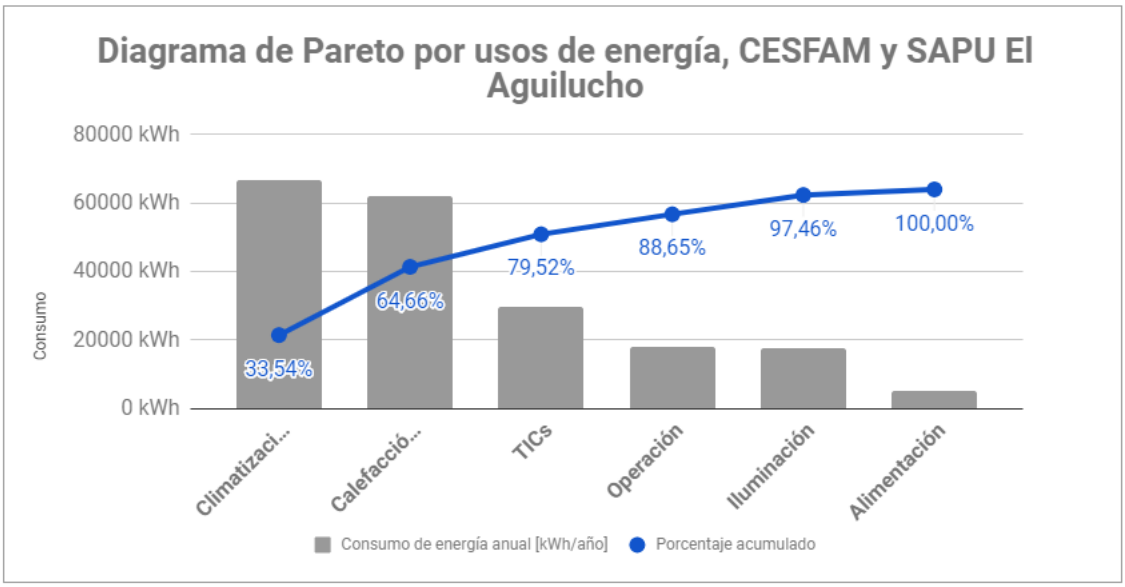

Figura 4.20: Consumo anual por uso de energía y porcentaje acumulado en el CESFAM El Aguilucho (gráfico de Pareto). Elaboración propia.

4.1.6.4. Curva de consumo anual

Finalmente, de la revisión energética también se generan las curvas de consumo anual, cuya finalidad es dar información sobre el comportamiento del consumo durante el año e identificar las variables relevantes que inciden en él (por ejemplo: clima, número de pacientes, luz solar, etc.). Estas se generan a partir de la información obtenida de las facturas de energía del Centro.

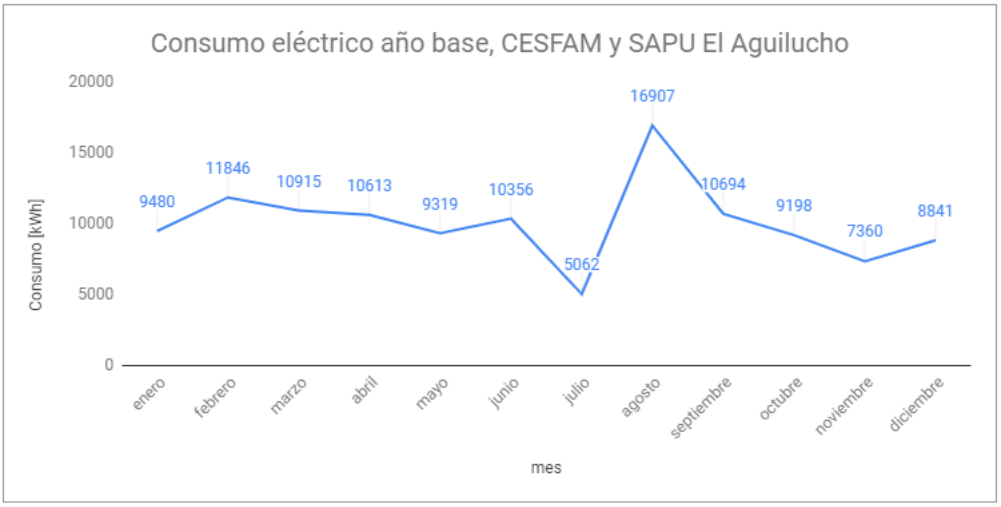

Figura 4.21: Consumo anual base de electricidad en el CESFAM El Aguilucho, en kWh. Elaboración propia.

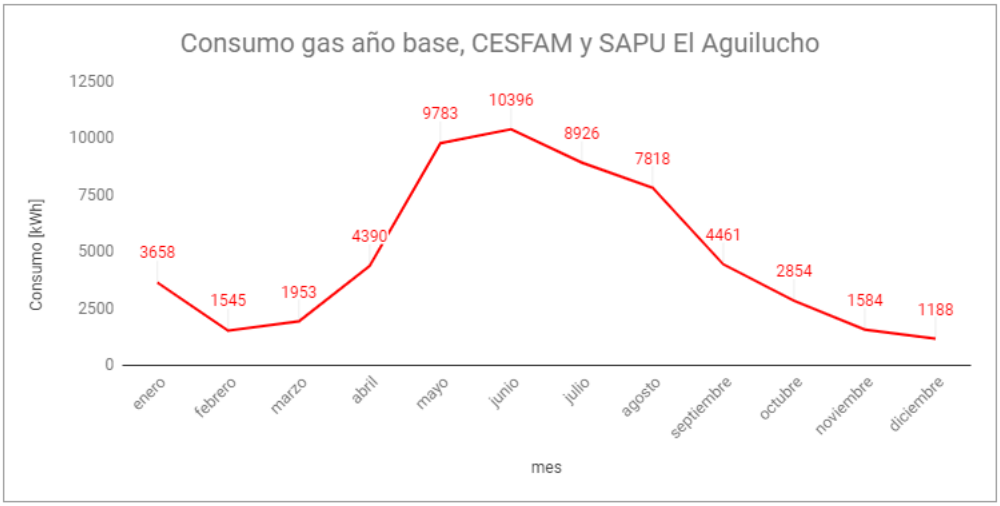

Figura 4.22: Consumo anual base de gas en el CESFAM El Aguilucho, en kWh. Elaboración propia.

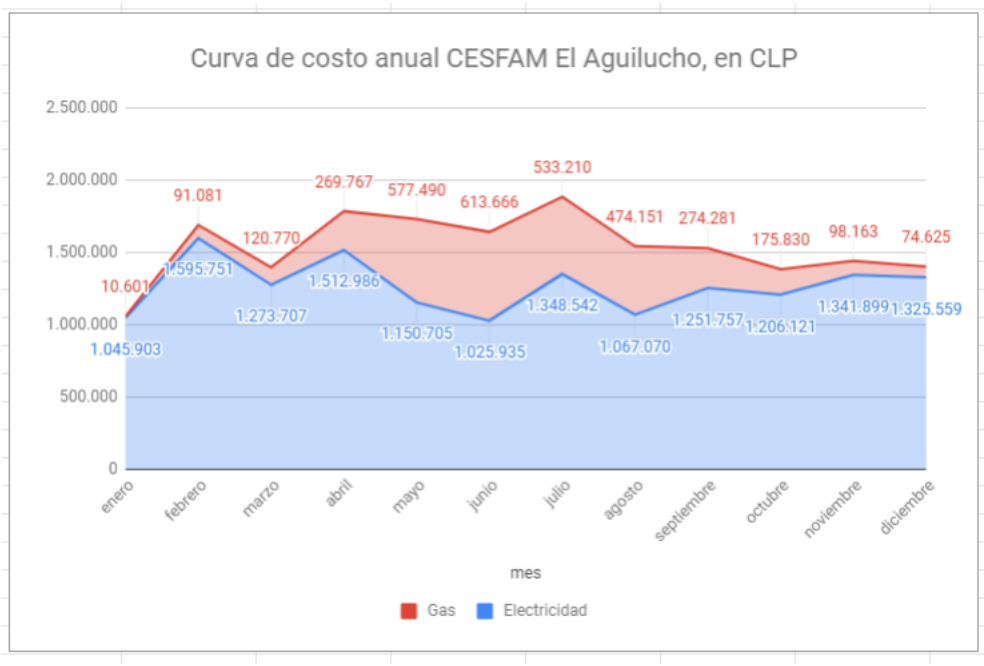

Figura 4.23: Curva de costos anual de energía en pesos chilenos, CESFAM El Aguilucho. Elaboración propia.

4.1.6.5. Análisis

Antes de realizar el análisis, se debe considerar lo siguiente para este Centro:

- El centro posee problemas de aislación témica en sus diferentes aposentos, y también es deficiente en la posición en la cuál sus sistemas de aire acondicionado fueron instalados.
- Respecto a la aislación térmica, al igual que en otros centros, existen grandes ventanales sin aislación de ningún tipo que dan hacia el poniente o el norte (zonas desde las cuales proviene la luz solar en las horas de mayor temperatura del día).
- Respecto a la posición de los aire acondicionados, a modo de ejemplo, la zona con una mayor temperatura media anual en el centro corresponde al sector de esterilización, en el segundo piso del CESFAM. En este lugar los equipos de aire acondicionado (2 en un espacio de aproximadamente 10 metros cuadrados) están instalados en la cara poniente del edificio, dando directamente al sol en las tardes. Esto implica una pérdida de eficiencia, sumado a que no existe aislación en las ventanas de la zona de esterilización. Los colaboradores que trabajan en este sector comentan que las instalaciones alcanzan cerca de 40°C de temperatura durante la tarde en los meses de diciembre a febrero, inclusive.

Con estos resultados, se está en condiciones, incluyendo la información relacionada a entrevistas realizadas a colaboradores y el gráfico de Pareto, de identificar las principales ineficiencias y oportunidades de mejora energética en el centro.

Lo anterior permite establecer las principales oportunidades de mejora en los usos **Climatización**, **Calefacción de ACS**y **TICs**.

- Climatización (**33,50 % del consumo**): El consumo por climatización es explicado por (i) el tamaño, posición y nula aislación de las ventanas, razón por la cual el centro se ve sometido a la oscilación térmica del ambiente, y ; (ii) por la orientación en la que están instalados los aire acondicionado del centro (principalmente de cara al sol durante la tarde).
- Calefacción de agua caliente sanitaria (**31,10 % del consumo**): El consumo se debe principalmente a la caldera a gas en el CESFAM.

- TICs (**16,1 % del consumo**): Este uso debe su consumo a computadores y servidores, los que consumen energía más que otros usos dentro del centro. Además, existe una leve correlación entre el uso de PCs y climatización, ya que el CESFAM tiene una sala de computación en la que se hace uso de aire acondicionado en gran parte del día.

4.1.6.6. Recomendaciones

De lo anterior se pueden realizar las siguientes recomendaciones:

- Climatización:
  1. Implementar sistemas de aislación térmica, desde cortinas hasta instalación de ventanas con termopanel, para disminuir la oscilación térmica de los sectores del edificio, mejorar las condiciones de habitabilidad y, por ende, disminuir el consumo energético al ser menos necesarios la calefacción o enfriamiento.
- Calefacción de ACS:
  1. Reducir el consumo de agua caliente. Los sistemas de calderas son automáticos y usan energía en función de la demanda. Por lo tanto, lo mejor es hacer una campaña educativa para usar el agua caliente sólo si es necesario.
- TICs:
  1. Nuevamente, los colaboradores destacan que no les es posible apagar los computadores debido a que el sistema de gestión informático que poseen tarda mucho en volver a iniciarse si es que el PC se apaga. Se recomienda invertir en ancho de banda o mejora la velocidad de carga del sistema de gestión, con tal que sea posible apagar los computadores en la noche. Otra opción consiste en contratar a alguien que prenda los computadores cada mañana, en algún momento que no afecte la calidad de atención a los pacientes del centro.

4.1.7. Análisis de brechas: CESFAM El Aguilucho

Se presenta el estado actual del cumplimiento de los requisitos de la normativa ISO 50001 para el CESFAM Alessandri en la Figura 4.17. Para mayor información sobre cómo los elementos de la gestión ponderan en la evaluación del cumplimiento de los requisitos de la norma, ir al Anexo D

El resultado presentado en la Figura 4.17 se debe a que, de lo referente a la gestión de la energía según la normativa, el centro ha implementado los siguientes elementos:

- Requerimientos Generales: El centro ha establecido con sus colaboradores de manera constante la necesidad de disminuir su consumo de agua, principalmente de agua caliente.
- Planificación: En este ámbito, el centro cuenta con el registro del consumo de energía.
- Implementación y operación: Existe concientización continua, pero informal, respecto a que es necesario disminuir el consumo de energía, principalmente de agua caliente.
- Comprobación del desempeño: Existe documentación del consumo energético, pero no acciones relacionadas a describir sus causas.

En los requisitos restantes, el centro no presenta acciones relacionadas.

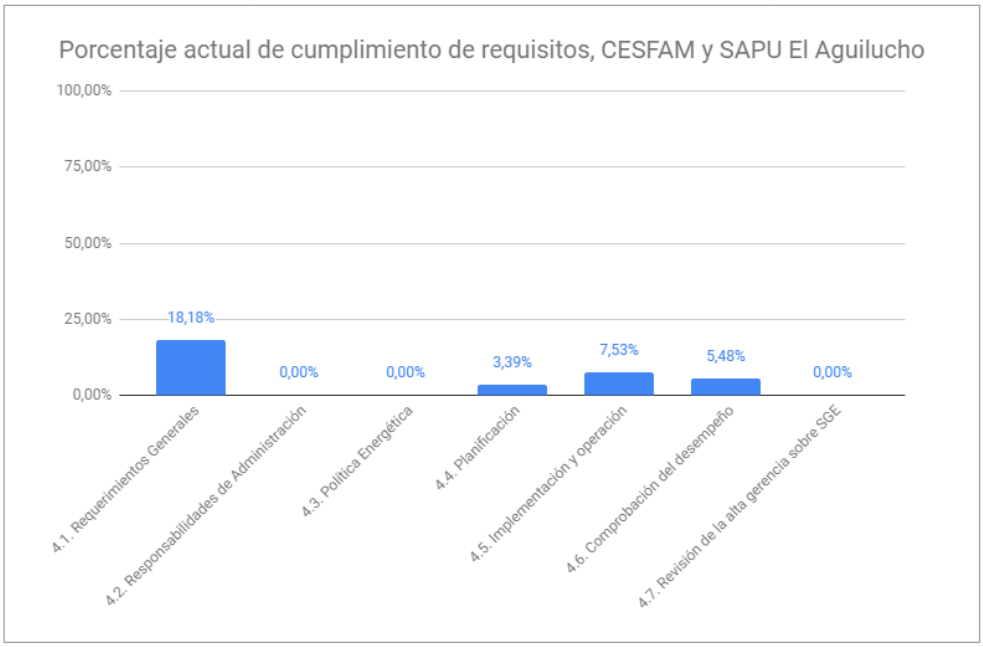

Figura 4.24: Porcentaje de cumplimiento actual de requisitos de la norma ISO 50001, CESFAM Alessandri. Elaboración propia.

4.2. Sistema de Gestión de la Energía para los Centros de Salud de Providencia

4.2.1. Objeto del SGEn

El presente Sistema de Gestión de la Energía, en adelante SGEn, posee los siguientes objetivos:

- Describir las responsabilidades del personal de la Corporación de Desarrollo Social, Municipalidad y Centros de Salud de la comuna de Providencia con impacto en el SGEn, así como los procedimientos utilizados por el mismo para el control de documentos, auditorías internas, acciones correctivas y revisiones periódicas por parte de la dirección.
- Establecer una Política Energética clara, con compromisos y objetivos a cumplir por parte de la dirección.
- Describir continuamente el estado actual del desempeño energético y establecer un **marco de gestión para Planes de Acción con el objetivo de mejorarlo** (realizando seguimiento operativo de los planes, verificando sus resultados y documentando lecciones aprendidas) en línea con la Política Energética y considerando los ejercicios de análisis de brechas, revisión y auditoría energética sobre el alcance del SGEn.

4.2.2. Alcance del SGEn

El alcance del presente SGEn corresponde a todos las instalaciones y procesos que consuman energía (así como sus responsables directos e indirectos) de los Centros de Salud Familiar (en adelante CESFAM) Leng, Alessandri y El Aguilucho, de la comuna de Providencia.

4.2.3. Responsabilidades y Política Energética

4.2.3.1. Roles y responsabilidades

Los roles y responsabilidades sobre el SGEn abarcan a todo el personal de:

- CESFAM Leng, Alessandri y El Aguilucho;
- Corporación de Desarrollo Social de Providencia, y;
- Municipalidad de Providencia

que tengan influencia, a través de sus respectivos perfiles de cargo, en la efectiva implantación y administración de la política energética y demás requisitos del SGEn.

La Alta Dirección será representada por:

- Directores de los CESFAM Leng, Alessandri y El Aguilucho.
- Director(a) de Salud en la Corporación de Desarrollo Social de Providencia.
- Director(a) de Aseo, Ornato y Medioambiente de la Municipalidad de Providencia.

Y sus responsabilidades serán:

- Demostrar su compromiso con el SGEn mediante la implementación y mantenimiento de una política energética.
- Demostrar su compromiso con el SGEn mediante su promoción y participación en instancias de gestión referentes al mismo.
- Designar al Representante de la Alta Dirección y aprobar la creación de un Equipo de Gestión de la Energía, así como la fijación de incentivos sobre el Equipo ante el cumplimiento de los Objetivos y Metas energéticas para el SGEn.
- Establecer los Objetivos y Metas energéticas para el SGEn, a nivel de indicadores de desempeño energético (en adelante IDEn) como a nivel cualitativo y de gestión.
- Proporcionar los recursos necesarios humanos, tecnológicos y financieros para mantener el SGEn, además de cumplir con los compromisos de la política energética y objetivos energéticos planteados.
- Revisar con periodicidad mensual (en la Reunión Mensual de Seguimiento del SGEn) los aspectos de implementación de Planes de Acción para el cumplimento de los Objetivos y Metas.
- Revisar con periodicidad anual (y en situaciones extraordinarias) la Política Energética, los Planes de Acción y lecciones aprendidas de su implementación en el año anterior, así como todas las fases de SGEn (en la Revisión de la Alta Dirección).

Respecto del Equipo de Gestión de la Energía este estará compuesto por:

- **Representante de la Alta Dirección (1 persona):** perfil a cargo de transmitir la importancia de los compromisos adquiridos en la Política Energética y de la implementación / mantención del SGEn; así como supervisar a más alto nivel cada una de las fases del SGEn.
- **Responsable Energético (1 persona):** es quien lidera en su definición técnica e implementación cada una de las fases del SGEn, para el cumplimiento de Objetivos y Metas. Específicamente lidera técnicamente la Planificación, Ejecución y Verificación del SGEn y participa de la Revisión de la Alta Dirección.
- **Gestor Energético (1 persona, ampliable a una por CESFAM):** persona que se dedica a implementación de las fases de Ejecución y Verificación, según lo definido por el(la) Responsable Energético(a) y participa de la Revisión de la Alta Dirección.

Responsabilidades del Representante de la Alta Dirección

En el caso del(la) Representante de la Alta Dirección, el perfil será asignado por la misma; cuidando que la persona escogida para representarla tenga las competencias necesarias para cumplir las siguientes responsabilidades:

- Identificar y gestionar a las personas competentes para que le ayuden con todas aquellas actividades que tengan relación con la gestión de la energía y el cumplimiento de los Objetivos y Metas, siempre con la autorización de la Alta Dirección.
- Definir responsables y garantizar capacitación en las diferentes competencias necesarias para el cumplimiento de la política energética facilitar la gestión eficaz de la energía.
- Promover la toma de conciencia de la política energética y de los objetivos en todos los niveles de la organización.
- Aprobar la Auditoría Interna del SGEn, comunicar y asesorrar a los responsables de tratar no conformidades los hallazgos encontrados.

Responsabilidades del Responsable Energético

El(la) Responsable Energético debe presentar competencias para llevar a cabo las siguientes funciones:

- Liderar la definición de necesidades, propueta, diseño e implementación de Planes de Acción energéticos, así como cualquier otra acción relacionada al cumplimento de los Objetivos y Metas energéticas planteados por la Alta Dirección.
- Desarrollar la Planificación del SGEn y presentar Planes de Acción (también conocidos como Medidas de Eficiencia Energética, o por sus siglas MEE) a la Alta Dirección.
- Liderar técnicamente la implementación de Planes de Acción, guiando al Gestor(a) Energético(a).
- Liderar la Ejecución del SGEn, articulando con los diferentes actores cada uno de los elementos de la misma, a saber: Concientización y Capacitación, Comunicación entre grupos de interés, Control Operacional del desempeño energético, asesoría en diseño y adquisiciones que afecten a los Objetivos y Metas y, liderar la Reunión de Seguimiento del SGEn.
- Seguimiento y mitigación de riesgos referentes a la implementación efectiva de MEE.
- Generar visualizaciones y reportes con los datos de IDEn y, por otra parte, KPI de seguimiento de implementación de MEE al Representante de la Alta Dirección.
- Liderar y, cuando corresponda, ejecutar la capacitación del personal en tópicos de Gestión Energética, medidas para la reducción del consumo para cada USEn.

Responsabilidades del Gestor Energético

El(la) Gestor Energético debe presentar un perfil adecuado para el cumplimento de las siguientes responsabilidades:

- Comprender los principios físicos e ingenieriles de los equipos utilizados en cada uso energético dentro del alcance del SGEn.
- Implementar y poner en marcha los Planes de Acción, junto a especialistas externos, en los diferentes usos de energía en los CESFAM de Providencia.
- Ejecutar la revisión energética y auditoría de ser considerado necesario por el(la) responsable energético.
- Ejecuta, cuando el(la) Responsable Energético lo requiera, la capacitación del personal en temas de Gestión Energética y medidas para la reducción del consumo.
- Realiza el control operacional y la asesoría en diseño y adquisiciones dentro del alcance del SGEn que afecten al desempeño energético.

- Ejecuta los Planes de seguimiento, medición y análisis dentro del SGEn.

4.2.3.2. Política Energética

Los CESFAM Leng, Alessandri y El Aguilucho es consciente de que el cumplimiento de su misión y objetivos implica que debe ser lo más eficiente posible con los recursos que utiliza, los que son de carácter público, y que debe minimizar los impactos negativos que su operación genera. Para los CESFAM Leng, Alessandri y El Aguilucho, el uso eficiente de los recursos energéticos es un pilar fundamental para satisfacer lo que la Comunidad de Providencia espera de ellos y ser sustentables ambientalmente.

Para ello, los CESFAM Leng, Alessandri y El Aguilucho contarán con Objetivos y Metas en sus operaciones en el marco de un Sistema de Gestión de la Energía, basado en la norma ISO 50001, con el fin de lograr una mejora continua del desempeño energético.

Los CESFAM Leng, Alessandri y El Aguilucho apuestan por alcanzar un desempeño energético mejorado adquiriendo los siguientes compromisos.

1. Mejorar continuamente el desempeño energético.
2. Fomentar el uso eficiente de la energía y el ahorro energético en sus instalaciones.
3. Implementar nuevas tecnologías y mejorar las existentes para consumir energía en las instalaciones de manera más eficiente.
4. Mejorar los hábitos de consumo de energía por parte de los trabajadores y personal perteneciente a empresas contratistas.
5. Asegurar la disponibilidad de información y recursos, tanto al personal del CESFAM como a la comunidad según corresponda, para lograr los Objetivos y Metas energéticas.

4.2.3.3. Documentación

Respecto de las Responsabilidades y Política Energética, es necesario documentar:

- Designación del Representante de la Alta Dirección por parte de la Alta Dirección (periodicidad: **indefinida**).
- Designación del Responsable Energético y Gestores Energéticos por parte del Representante de la Alta Dirección (periodicidad: **indefinida**).

4.2.4. Planificación del SGEn

El equipo de Gestión de la Energía tiene la responsabilidad, una vez al año, de generar la Planificación del SGEn, consistente en responder las siguientes preguntas:

1. ¿Cuánta energía consumió la organización el año anterior? ¿Qué variables influyeron en el consumo? ¿Cuáles usos aportaron más al consumo energético? (Levantamiento de la línea base energética mediante revisión energética).
2. ¿Qué indicadores pueden utilizarse para medir el desempeño energético? (definición de IDEn).
3. ¿Cuál será el desempeño energético? y ¿Qué y quiénes realizarán las acciones necesarias para alcanzarlo?

Nota: Para responder estas preguntas, debe realizarse de manera anual la revisión energética y construirse el **Informe anual de revisión energética y análisis de brechas**, tomando como plantilla el apartado 4.1.1.

4.2.4.1. Revisión energética

Este apartado presenta la información en el siguiente orden:

1. Línea base energética: Indicadores de desempeño energético obtenidos y curvas de consumo y costos.
2. Usos significativos de la energía: cuales fueron los usos de energía que más colaboraron al consumo total en el SGEn.
3. Oportunidades de mejora energética: Para cada uno de los usos significativos de la energía, se presentan las recomendaciones para mejorar su desempeño energético.

Sobre la línea base energética:

Durante el año anterior los CESFAM Leng, Alessandri y El Aguilucho obtuvieron los siguientes IDEn:

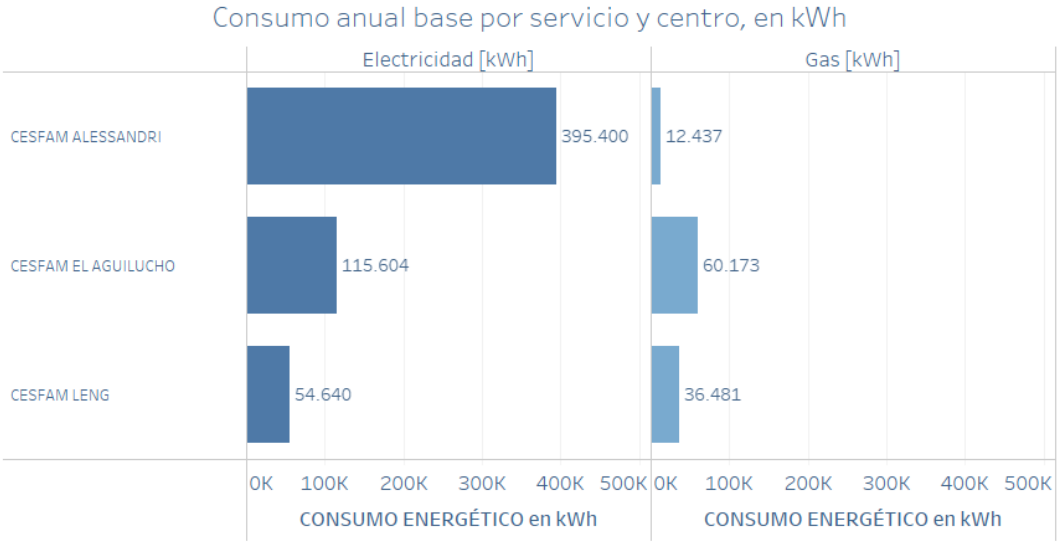

Figura 4.25: CEARFE: Consumo energético anual base por recinto y fuente energética.

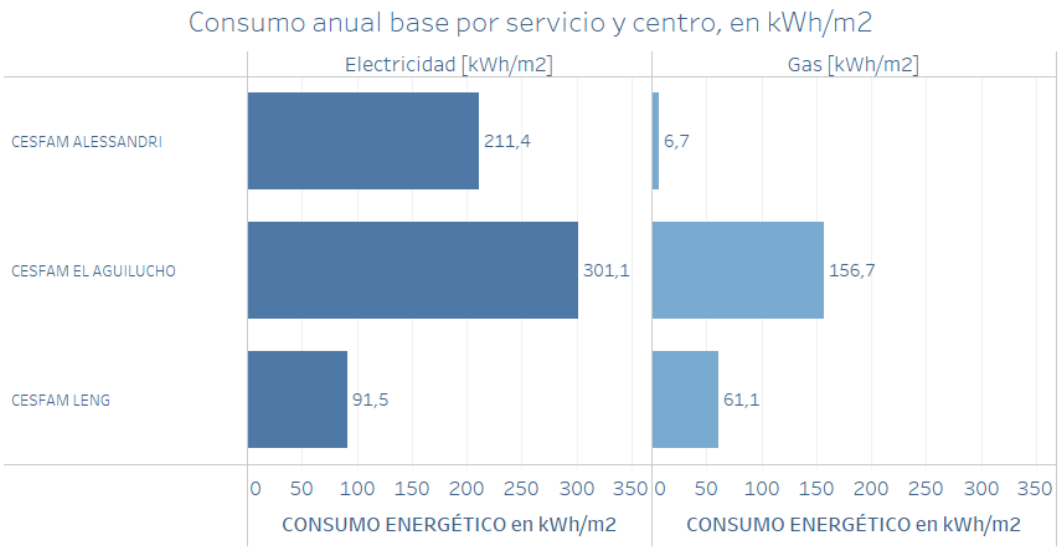

Figura 4.26: CEARFEA: Consumo energético anual base por recinto, fuente energética y área.

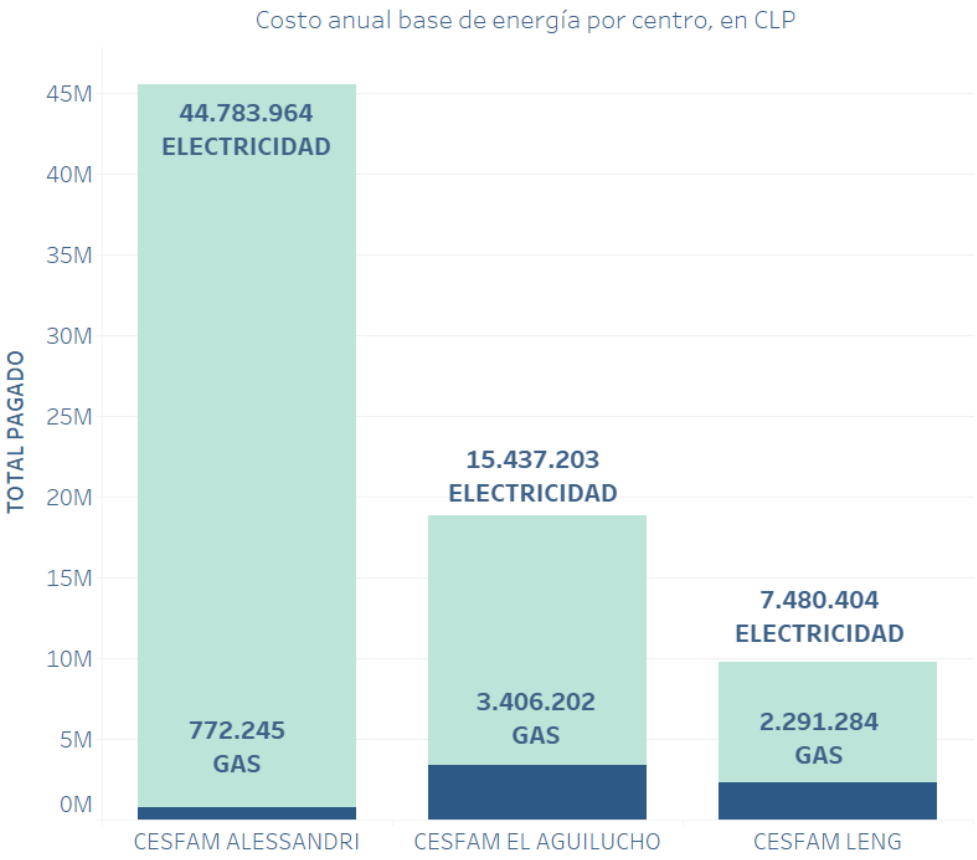

Figura 4.27: CARS: Costo anual base por recinto y servicio.

Respecto del consumo energético anual por paciente (CEAP), se detalla a continuación por Cen-

tro:

- CEAP CESFAM Leng, con **11,49 kWh/paciente/año**.
- CEAP CESFAM Alessandri, con **17,00 kWh/paciente/año**.
- CEAP CESFAM El Aguilucho, con **3,26 kWh/paciente/año**.

De la revisión energética realizada, se obtiene que es posible determinar las variables relevantes que afectan al consumo energético es la estacionalidad.

Respecto de esto, se puede apreciar que existe una tendencia a tener peaks de consumo en los meses de invierno. Para los centros visitados, los peaks se dan:

- CEMPAI y CMPAI CESFAM Leng: en julio (**12.482 kWh, 1.102.797 CLP**).
- CEMPAI y CMPAI CESFAM Alessandri: en julio (**45.175 kWh, 4.105.450 CLP**).
- CEMPAI y CMPAI CESFAM El Aguilucho: en junio (**20.752 kWh, 1.639.601 CLP**).

De lo que se infiere una correlación negativa entre temperatura y consumo energético y entre horas de luz solar y consumo energético. También, de la revisión energética y análisis de brechas, se obtiene que los meses de mayor actividad coinciden con los meses de invierno, lo que también es una variable relevante.

Las curvas de consumo por CESFAM se presentan a continuación.

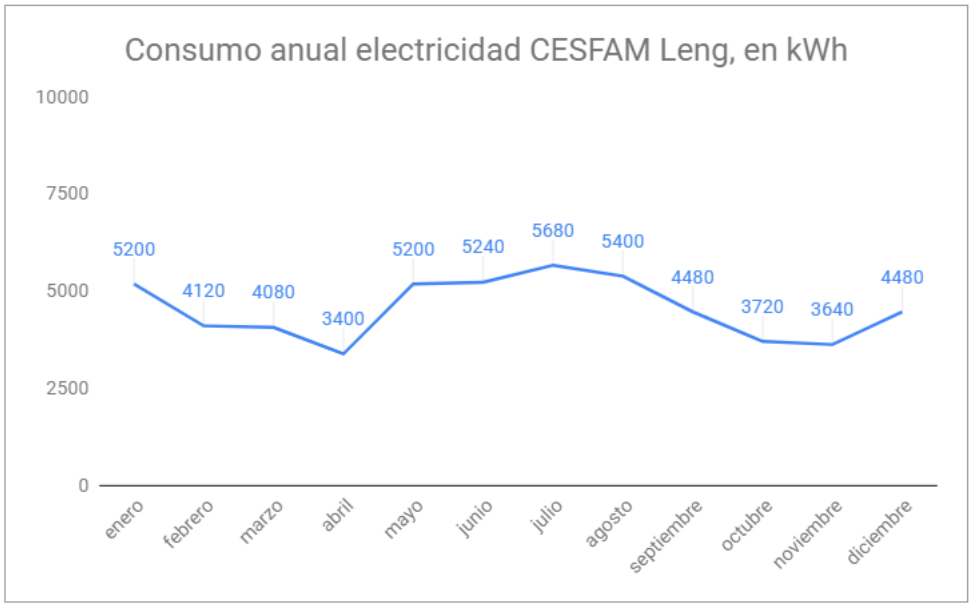

Figura 4.28: Consumo anual base de electricidad en el CESFAM Leng, en kWh. Elaboración propia.

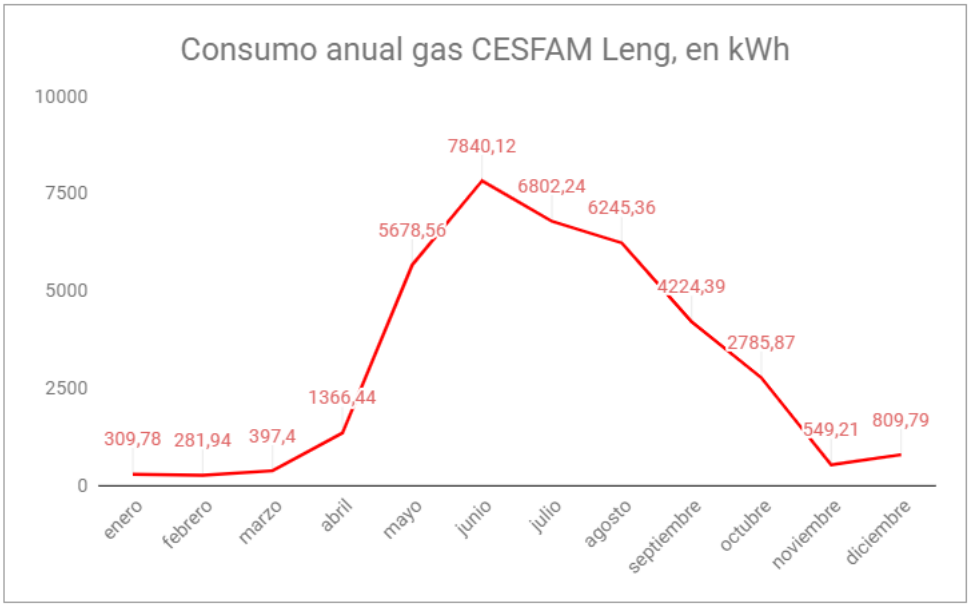

Figura 4.29: Consumo anual base de gas en el CESFAM Leng, en kWh. Elaboración propia.

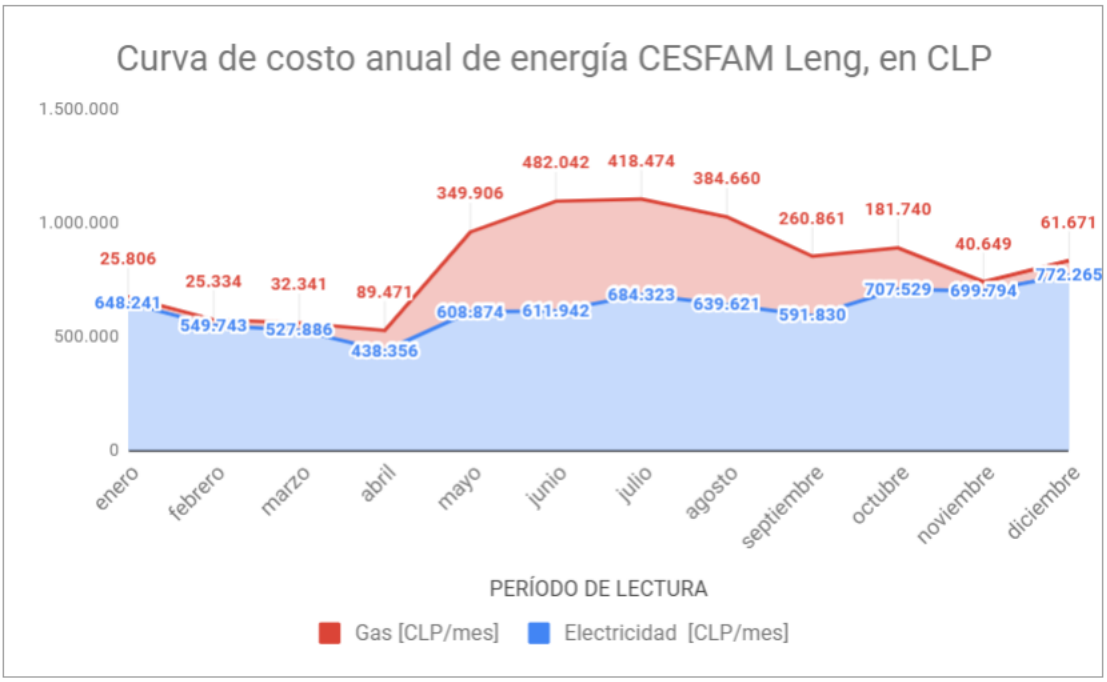

Figura 4.30: Curva de costos anual de energía en pesos chilenos. Elaboración propia.

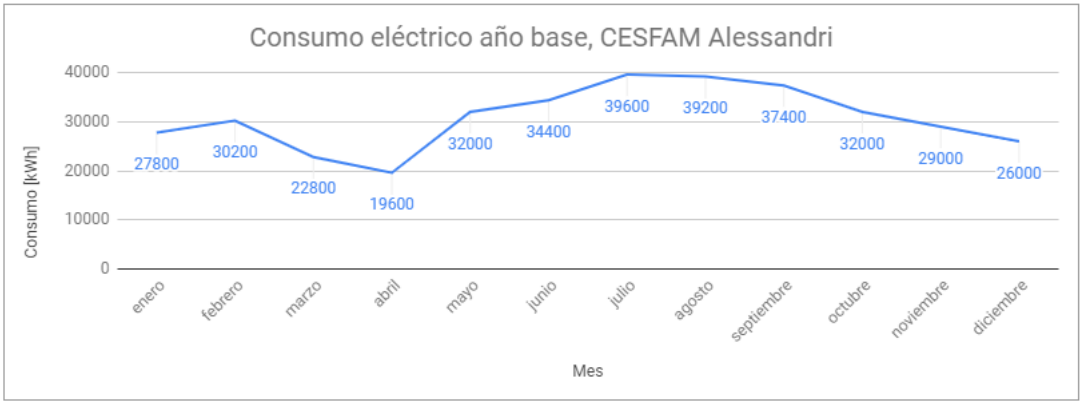

Figura 4.31: Consumo anual base de electricidad en el CESFAM Alessandri, en kWh. Elaboración propia.

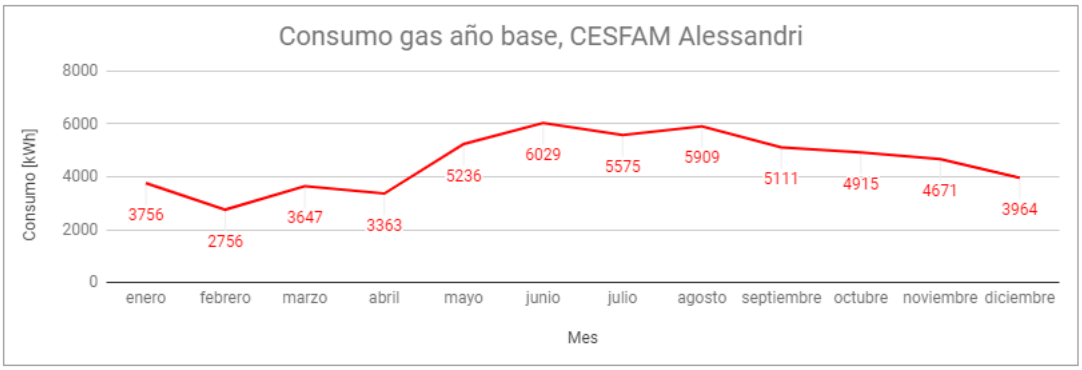

Figura 4.32: Consumo anual base de gas en el CESFAM Alessandri, en kWh. Elaboración propia.

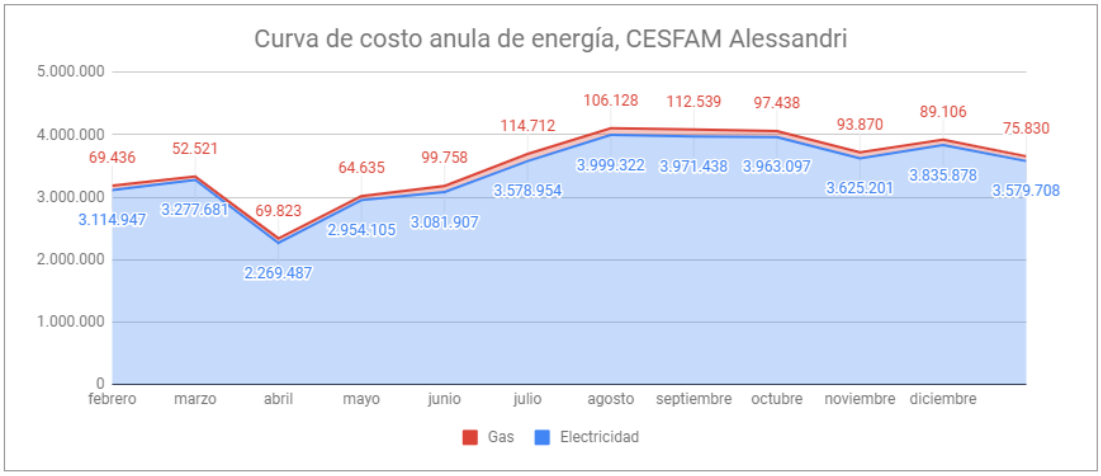

Figura 4.33: Curva de costos anual de energía en pesos chilenos, CESFAM Alessandri. Elaboración propia.

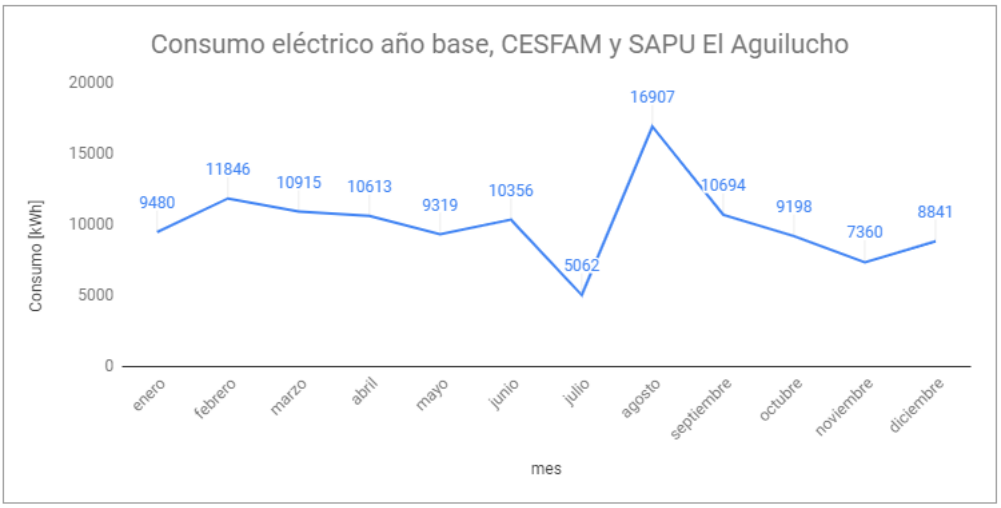

Figura 4.34: Consumo anual base de electricidad en el CESFAM El Aguilucho, en kWh. Elaboración propia.

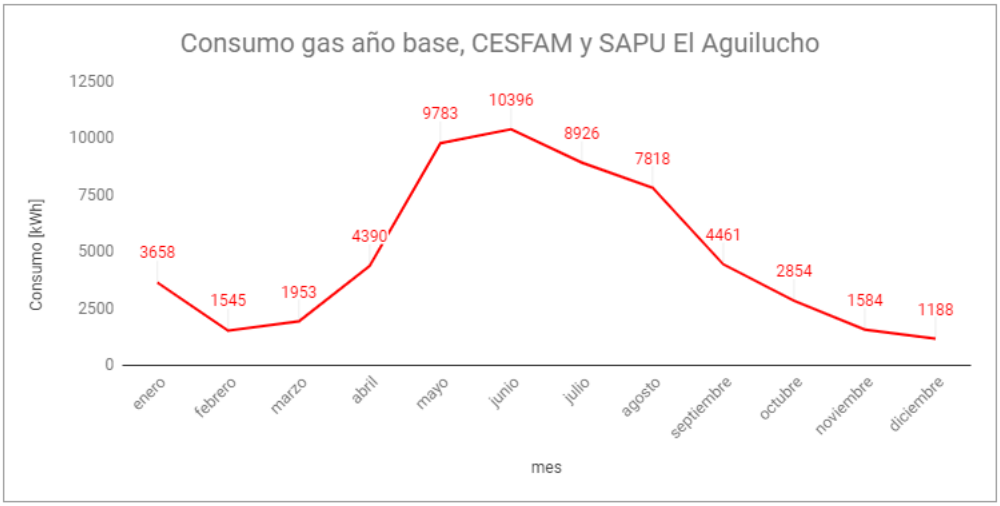

Figura 4.35: Consumo anual base de gas en el CESFAM El Aguilucho, en kWh. Elaboración propia.

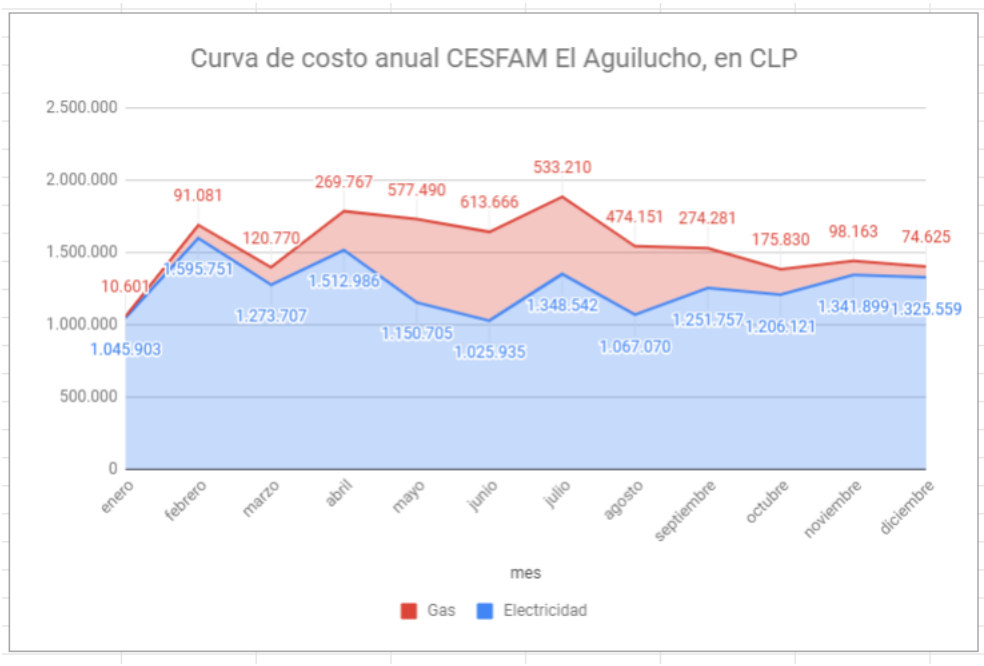

Figura 4.36: Curva de costos anual de energía en pesos chilenos, CESFAM El Aguilucho. Elaboración propia.

Sobre los usos significativos de energía:

Respecto de los **usos significativos de la energía**, en adelante USEn, el criterio para determinarlos fue el análisis de Pareto, y se listan a continuación:

- CESFAM Leng: Climatización (**50,30 %**), Iluminación (**16,8 %**) y TICs (**16,1 %**).
- CESFAM Alessandri: Climatización (**39,80 %**), TICs (**29,5 %**) y Calefacción ACS (**15,9 %**).
- CESFAM El Aguilucho: Climatización (**33,50 %**), Calefacción ACS (**31,1 %**) y TICs (**14,9 %**)

Es importante destacar que se obtiene que para los 3 CESFAM auditados, el USEn más intensivo en consumo de energía es el de **Climatización**, consumiendo más del 30 % de la energía en todos los casos.

Lo intensivo del uso viene explicado porque en todos los centros se repite nula o poca aislación térmica de los recintos, traspasando una gran carga térmica a los equipos de aire acondicionado (los que, en muchas ocasiones, tenían más de 10 años de uso).

A continuación, se presentan los factores que explican el consumo de los USEn de cada uno de los CESFAM dentro del alcance del SGEn.

Para el CESFAM Leng:

- Climatización (**50,29 % del consumo**): El consumo se explica principalente, por 2 factores; (i) la antigüedad de los equipos, lo que implica que sean menos eficientes, requiriendo más energía que equipos con tecnología más recientemente desarrollada para lograr los mismos resultados, y; (ii) la extensión de ventanas (principalmente orientadas hacia el norte, recibiendo directamente la luz solar durante todo el año), tragaluces y puertas con vidrio sin aislación, que generar una mayor carga energética para poder lograr condiciones de confort en el centro.
- Iluminación (**16,4 % del consumo**): En este ítem, el consumo es explicado (a pesar de la existencia de tragaluces) por la extensión de pasillos y box de atención sin luz solar directa, o bien, sin ventanas.

- TICs (**16,1 % del consumo**): Debe su consumo a computadores y servidores. Los colaboradores destacan que no les es posible apagar los computadores debido a que el sistema de gestión informático que poseen tarda mucho en volver a iniciarse si es que el PC se apaga.

  Para el CESFAM Alessandri son:

- Climatización (**39,80 % del consumo**): El consumo es explicado por (i) la gran extensión de ventanas y la altura de la planta base del recinto (de aproximadamente 4 metros); (ii) la falta de aislación de espacios para facilitar la consecución de condiciones de confort en el Centro. Es importante agregar que los funcionarios comentan que los equipos de aire acondicionado dejan de funcionar definitivamente dada la carga térmica del medio (ya que nunca alcanza la temperatura de confort configurada).
- TICs (**29,5 % del consumo**): En este ítem, el consumo es explicado porque la administración (al igual que en todos los centros considerados en este trabajo) ha recomendado a sus trabajadores no apagar los computadores nunca. Esto es debido a que el sistema informático que ocupan para la gestión de horas (Rayén) toma mucho en iniciar cuando se apaga el computador, lo que genera lentitud en la atención de las horas de la mañana.
- Calefacción de ACS (**15,9 % del consumo**): El consumo energético consiste en el uso de cálefon para el personal no médico, quiénes usan las duchas todos los días al dejar el Centro.

  Para el CESFAM El Aguilucho son:

- Climatización (**33,50 % del consumo**): El consumo por climatización es explicado por (i) el tamaño, posición y nula aislación de las ventanas, razón por la cual el centro se ve sometido a la oscilación térmica del ambiente, y ; (ii) por la orientación en la que están instalados los aire acondicionado del centro (principalmente de cara al sol durante la tarde).
- Calefacción de agua caliente sanitaria (**31,10 % del consumo**): El consumo se debe principalmente a la caldera a gas en el CESFAM.
- TICs (**16,1 % del consumo**): Este uso debe su consumo a computadores y servidores, los que consumen energía más que otros usos dentro del centro. Además, existe una leve correlación entre el uso de PCs y climatización, ya que el CESFAM tiene una sala de computación en la que se hace uso de aire acondicionado en gran parte del día.

Sobre las oportunidades de mejora energética encontradas:

Con base en la auditoría energética que fue input de esta revisión energética se presentan las oportunidades de mejora que son candidatas para implementar medidas de eficiencia energética.

En el caso del CESFAM Leng se pueden realizar las siguientes recomendaciones:

- Climatización:
  1. Implementar aislación con termopanel en las ventanas del recinto. De esta manera los recintos con gran cantidad de ventanas y tragaluces pondrán una mayor resistencia a la transferencia de calor que hace que los aires acondicionados enfrenten una mayor carga térmica para mantener las condiciones de confort determinadas por la organización.
  2. Renovar los equipos de aire acondicionado por sistemas nuevos y con tecnología *inverter*, los que necesitan una menor potencia y consumo para poder alcanzar las necesidades de confort configuradas.
- Iluminación:
  1. Terminar de implementan paneles LED en pasillos y box del recinto.
  2. Realizar una campaña educativa para promover el consumo consciente de iluminación, recordando apagar las luces en recintos no utilizados.
- TICs:

1. Invertir en ancho de banda o mejora la velocidad de carga del sistema de gestión, con tal que sea posible apagar los computadores en la noche.
2. Contratar personal que prenda los computadores cada mañana, en el horario que la tardanza en el encendido de los sistemas no afecte la calidad de atención a los pacientes.

Para el CESFAM Alessandri:

- Transversal al uso de energía (considerando que el centro será trasladado a un nuevo recinto):
  1. Realizar estudios de prefactibilidad para la compra de equipos que consideren, a la hora de seleccionar las mejores alternativas:
     - El ahorro energético relativo entre ellas.
     - El impacto ambiental, a nivel de emisiones de GEI, de cada sistema candidato.
  2. Capacitar, antes, durante y despúes de la puesta en marcha, al personal en el uso eficiente de la energía que alimenta a cada uno de los equipos que utilizará.
- Climatización:
  1. Instalar aislación por termopanel y/o cortinas en las ventanas del cielo del recinto.
  2. Generar recintos con menor altura, que reduzcan la carga térmica de los box de atención (y si el recinto no se traslada, se recomienda instalar cielo americano para disminuir el volumen a calefaccionar o enfriar).
- TICs:
  1. Invertir en ancho de banda o mejorar la velocidad de carga del sistema de gestión, con tal que sea posible apagar los computadores en la noche.
  2. Contratar personal que prenda los computadores cada mañana, en el horario que la tardanza en el encendido de los sistemas no afecte la calidad de atención a los pacientes.
- Calefacción de ACS:
  1. Realizar campaña educativa que fomente reducir el tiempo de uso de la ducha con agua caliente.

Para el CESFAM El Aguilucho:

- Climatización:
  1. Implementar sistemas de aislación térmica, desde cortinas hasta instalación de ventanas con termopanel, para disminuir la oscilación térmica de los sectores del edificio, mejorar las condiciones de habitabilidad y, por ende, disminuir el consumo energético al ser menos necesarios la calefacción o enfriamiento.
- Calefacción de ACS:
  1. Reducir el consumo de agua caliente. Los sistemas de calderas son automáticos y usan energía en función de la demanda. Por lo tanto, lo mejor es hacer una campaña educativa para usar el agua caliente sólo si es necesario.
- TICs:
  1. Nuevamente, los colaboradores destacan que no les es posible apagar los computadores debido a que el sistema de gestión informático que poseen tarda mucho en volver a iniciarse si es que el PC se apaga. Se recomienda invertir en ancho de banda o mejora la velocidad de carga del sistema de gestión, con tal que sea posible apagar los computadores en la noche. Otra opción consiste en contratar a alguien que prenda los computadores cada mañana, en algún momento que no afecte la calidad de atención a los pacientes del centro.

4.2.4.2. Indicadores de Desempeño Energético

Los Indicadores de Desempeño Energético para los Centros de Salud a utilizar para verificar el desempeño de la organización serán:

1. Indicadores globales de consumo energético:
   - **CEARFE**: Consumo energético anual base por recinto y fuente de energía, en kWh/año.

     Sea t un mes del año, i el recinto y j la fuente de energía, el CEARFE de un centro i, considerando la fuente j será:

     $$CEARFE_{i,j} = \sum_t F_{t,i,j} \left[\frac{kWh}{a} \right]$$

     Donde $F_{t,i,j}$ es consumo energético presente en la factura del mes t para el centro i y la fuente de energía j.
   - **CEARFEA**: Consumo energético anual por recinto, fuente energética y área, en kWh/m2 * año.

     Sea t un mes del año, i el recinto y j la fuente de energía, el CEARFEA de un centro i, con área A_i, considerando la fuente j será:

     $$CEARFEA_{i,j} = \sum_t \frac{F_{t,i,j}}{A_i} \left[\frac{kWh}{a \cdot m^2} \right]$$

     Donde $F_{t,i,j}$ es consumo energético presente en la factura del mes t para el centro i y la fuente de energía j.
2. Indicadores de costos por consumo energético:
   - **CARFE**: Costo anual por recinto y fuente energética, en CLP/año.

     Sea t un mes del año, i el recinto y j la fuente de energía, el CARFE de un centro i, considerando la fuente j será:

     $$CARFE_{i,j} = \sum_t C_{t,i,j} \left[\frac{CLP}{a} \right]$$

     Donde $C_{t,i,j}$ es costo de energía presente en la factura del mes t para el centro i y la fuente de energía j.
3. Indicadores por variable relevante que explica el consumo:
   - **CEAP**: Consumo energético anual por paciente, en kWh/paciente * año.

     Sea t un mes del año, i el recinto, p_i la cantidad de pacientes inscritos en el centro y j la fuente de energía, el CEAP de un centro i será:

     $$CEAP_i = \sum_t \sum_j \frac{F_{t,i,j}}{p_i} \left[\frac{kWh}{paciente \cdot a} \right]$$

     Donde $F_{t,i,j}$ es consumo energético presente en la factura del mes t para el centro i y la fuente de energía j.

- **CEMPAI**: Consumo energético mensual peak anual en invierno, en kWh.

  Sea T el mes de mayor consumo energético en invierno, i el recinto y j una fuente de energía, el CEMPAI del centro i será:

$$CEMPAI_i = \sum_j F_{T,i,j}\,[kWh]$$

  Donde $F_{T,i,j}$ es consumo energético presente en la factura del mes T para el centro i y la fuente de energía j.

- **CMPAI**: Costo energético mensual peak anual en invierno, en CLP.

  Sea T el mes de mayor consumo energético en invierno, i el recinto y j una fuente de energía, el CMPAI del centro i será:

$$CMPAI_i = \sum_j C_{T,i,j}\,[CLP]$$

  Donde $C_{T,i,j}$ es el costo de energía en la factura del mes T para el centro i y la fuente de energía j.

4. Indicadores por uso de energía:

   - **PCEARU**: Porcentaje de consumo energético anual por recinto y uso de energía, en porcentaje.

     Sea e un equipo que consume energía, i el recinto al que pertence y u un uso de energía al que pertence e. El PCEARU de un uso de energía u en un recinto i será:

$$PCEARU_{u,i} = \frac{\sum_e X_{e,u,i}}{\sum_u \sum_e X_{e,u,i}} \times 100\,\%$$

     Donde $X_{e,u,i}$ corresponde a la cantidad de energía anual auditada de un equipo e, pertenciente a un uso u y del recinto i.

Adicionalmente, se agregan indicadores cualitativos para cuando ya esté en marcha la operación del SGEn.

1. Capacitación
   - **NCA**: Número de capacitaciones anuales, en cantidad de capacitaciones.
   - **CPC**: Calificación promedio de Capacitaciones (calificadas por el personal dentro del alcance del SGEn), en puntos.
2. Calidad de Servicio:
   - **RCESP**: Ratio de consumo energético anual de todos los centros i sobre la satisfacción promedio del paciente, en kWh/puntos.
3. Uso de energías renovables:
   - **PCFERCT**: Porcentaje de consumo con fuente energética renovable respecto del consumo total, en porcentaje.
4. Emisiones:
   - **EGEICE**: Emisiones de gases de efecto invernadero debido al consumo energético, en kg de CO_2 equivalente.

4.2.4.3. Definición de objetivos, metas y planes de acción energéticos

Respecto a objetivos, metas y planes de acción energéticos en el SGEn, debe considerarse lo siguiente:

1. Objetivos:
   - Debe priorizase, al fijar los objetivos, a los USEn identificados en la revisión energética sobre el alcance del SGEn.
   - Deben referirse a las variables que afectan de manera significativa al consumo de energía en los CESFAM.
   - Deben considerar los compromisos establecidos en la política energética.
   - Deben ser de largo plazo.
2. Metas:
   - Deben referirse a los objetivos planteados.
   - Deben ser específicas, medibles, alcanzables, relevantes y en un marco temporal de mediano plazo (por lo general un año).
3. Planes de acción:
   - Deben ser consistentes con los objetivos y metas planteados.
   - No deben limitarse a proyectos de inversiones técnicas, sino a actividades de buenas prácticas, de gestión y organización
   - Incluyen etapas de evaluación y medición de resultados.
   - Deben ser priorizados aquellos con bajo riesgo y costo, que permitan concientizar aunque no sea un USEn.

Objetivos:

- Disminuir el consumo energético total del alcance del SGEn (**eje: consumo**).
- Implementar equipos de generación de energía con fuentes renovables (**eje: ERNC**).
- Implementar una cultura organizacional y procesos que consideren en el día a día que minimizar el consumo energético es una obligación irrenunciable en cada acción de la organización (**eje: cultura**).

Metas:

- Eje consumo:
  - Disminuir un 10 % el consumo en climatización, mediante recambio de equipos y instalación de aislación térmica, de cada uno de los CESFAM, a fines de 2021 (**meta: climatización; indicadores asociados: CEARFE, CEARFEA, CARFE, CEAP, CEMPAI, CMPAI, PCEARU, RCESP, EGEICE**).
  - Implementar, en 50 % del total de luminarias, paneles LED en cada uno de los CESFAM, a fines de 2020 (**meta: iluminación; indicadores asociados: PCEARU, RCESP, EGEICE**).
  - Reducir los tiempos de carga en los sistemas computacionales de cada uno de los centros, con tal de lograr que el 100 % de los computadores de los CESFAM estén apagados fuera del horario laboral de sus funcionarios, a fines de 2020 (**meta: TICS; indicadores asociados: CEARFE, CEARFEA, CARFE, CEAP, CEMPAI, CMPAI, PCEARU, RCESP, EGEICE**).
  - Implementar sistemas de reducción en el consumo de agua de agua caliente sanitaria (perlizadores, interruptores de caudal para ducha o temporizaciores) que reduzcan el consumo de energía por concepto de ACS un 25 % a fines de 2021 (**meta: ACS; indicadores asociados: CEARFE, CEARFEA, CARFE, CEAP, CEMPAI, CMPAI, PCEARU, RCESP, EGEICE**).

- Eje ERNC:
  - Instalar al menos un panel fotovoltaíco en cada CESFAM a fines de 2020 (**meta: ERNC primer paso; indicadores asociados: RCESP, EGEICE, PCFERCT**).
  - Alcanzar la generación de un 10 % del consumo de energía sustentado por ERNC a fines de 2021 y un aumento de 5 % anual los años siguientes (**meta: ERNC largo plazo; indicadores asociados: CEARFE, CEARFEA, CARFE, CEAP, CEMPAI, CMPAI, RCESP, EGEICE, PCFERCT**).
- Eje cultura:
  - Realizar 3 capacitaciones por año , en cada CESFAM, referente a mejorar el desempeño energético en los USEn de cada uno, y que tengan calificación promedio superior a 4.0 de 5.0 puntos totales según rúbrica de evaluación de la capacitación (**meta: formación; indicadores asociados: NCA, CPC, RCESP**).

Planes de acción:

Cada meta implica generar un plan de acción asociado, el que debe considerar requisitos legales, el costo de la medida, el efecto cultural que tendrá y las capacidades internas de los CESFAM para poder llevarlas a cabo.

A modo de ejemplo, se presenta un plan de acción para la instalación de nuevos equipos de climatización en CESFAM Leng.

Plan de acción energética SGEn CESFAM Leng, Alessandri y El Aguilucho					
I. Datos de identificación del plan de acción					
Nombre plan	**Responsable**	**Fecha**	**Consideración de la Política Energética**	**Objetivo (eje)**	**Meta**
Recambio de equipos en CESFAM Leng	Responsable Energético	aaaa/mm/dd	Implementar nuevas tecnologías y mejorar las existentes para consumir energía en las instalaciones de manera más eficiente	Consumo	Climatización
II. Impactos positivos potenciales					
1. Disminución de costos por menor potencia instalada para la misma finalidad.					
2. Disminución de emisiones de GEI por disminución de demanda eléctrica por climatización.					
3. Mejora en la sensación de confort de pacientes y funcionarios al interior del CESFAM					
III. Aspectos legales a considerar					
1. Normativa SEC para equipos de climatización					
2. Normativa y buenas prácticas de la Cámara Chilena de la Construcción y Cámara Chilena de Climatización y Refrigeriación					
3. Temperatura máxima de recintos que almacenan medicamentos.					
IV. Principales costos asociados					
1. Estudios de ingeniería para dimensionamiento e implementación de los equipos.					
2. Pago de honorarios por implementación.					
3. Inversión en equipos.					
4. Costo por box u otro espacio del recinto deshabilitado por realización de instalación.					
5. Ruidos molestos por instalación de equipos.					
V. Capacidades necesarias					
1. Conociimiento y experiencia en dimensionamiento e instalación de equipos de climatización en empresas.					
2. Conocimientos en evaluación, desarrrollo y control de proyectos, así como software de evaluación de medidas de eficiencia energética (por ejemplo RETScreen).					
3. Habilidades de comunicación efectiva, gestión de proveedores y de equipos.					
4. Conocimientos en software de control de proyecto (Project, Trello, Asana, etc.).					
VI. Descripción del plan de acción					
1. Realización de estudios de demanda energética, balance energético, dimensionamiento de equipos, requisitos legales y organizacionales para la instalación, cotización de inversión e instalación, con tal de escoger la mejor opción de proyecto.					
2. Definir fechas de instalación de los equipos y permisos necesarios.					
3. Gestionar orden de compra para la realización del proyecto con las áreas organizacionales pertinentes.					
4. Instalar los equipos, llevar a cabo y aprobar la puesta en marcha antes de dar por cerrado el proyecto.					

Figura 4.37: Plan de acción para implementación de nuevos equipos de climatización en CESFAM Leng.

4.2.4.4. Documentación

Respecto de la Planificación del SGEn, es necesario documentar:

- Informe anual de revisión energética y análisis de brechas (periodicidad: **anual**).
- Objetivos y Metas energéticas (periodicidad: **anual**).
- Planes de acción energéticos (periodicidad: **anual**).
- Informe final de auditoría energética (periodicidad: **anual**).

4.2.5. Ejecución

La etapa de ejecución del SGEn consiste llevar a cabo día a día actividades que responden a los Objetivos y Metas generados en la fase de Planificación y que abarcan:

1. Concientizar a los colaboradores sobre la importancia de la gestión de la energía y capacitar en tópicos de aplicación práctica a la hora de mejorar el desempeño energético.
2. Controlar el desempeño energético mediante acciones en la operación, diseño y adquisiciones en el alcance del SGEn.
3. Implementar de manera efectiva los Planes de Acción energéticos.

4.2.5.1. Concientización y Capacitación

Durante el año, el Equipo de Gestión de la Energía debe comunicar y capacitar en diferentes instancias a los colaboradores dentro del alcance del SGEn.

Todas las personas involucradas en la operación de los USEn, en el éxito de los Planes de Acción y en el funcionamiento del SGEn, deben conocer la política energética y tener conciencia de su contribución para la mejora del desempeño energético y efectividad del SGE, así como también las consecuencias de no cumplir los Objetivos y Metas del SGEn.

Se propone para el alcance del SGEn las siguientes instancias referentes a concientización sobre el SGEn:

Nombre instancia	Responsable	Ejecutor(es)	¿A quién está dirigido?	Objetivos de la instancia	Frecuencia
Introducción al SGEn	Representante de la Alta Dirección	Representante de la Alta Dirección	(primera edición) Todos los colaboradores dentro del alcance del SGEn (siguientes ediciones) nuevos colaboradores dentro del alcance del SGEn.	Que el(la) colaborador(a), al terminar la capacitación, sea capaz de: (1) describir los compromisos de la política energética, objetivos, metas, planes de acción y los USEn; (2) comprender cómo el SGEn mejora el desempeño energético y; (3) analizar las medidas que puede tomar para disminuir su consumo energético.	semestral
Impacto del SGEn: lecciones aprendidas y siguientes pasos	Representante de la Alta Dirección y Responsable Energético	Representante de la Alta Dirección y Responsable Energético	Todos los colaboradores dentro del alcance del SGEn.	(1) Presentar los IDEn a los colaboradores, (2) Presentar las brechas entre los resultados obtenidos y los resultados esperados, así como los impactos negativos de no cumplir con los Objetivos y Metas energéticas (input: Revisión por parte de la Alta Dirección), (3) Presentar Planificación Energética del año siguiente.	anual

Figura 4.38: Instancias de concientización para el SGEn.

Adicionalmente, debe considerarse al personal contratista en los ejercicios de concientización programados en la figura 4.38.

Por otra parte, se proponen los siguientes enfoques de capacitación para los colaboradores dentro del alcance del SGEn.

Perfil	Rol dentro del SGEn	Enfoque de capacitación
Directores y Jefaturas	Promotores del SGEn, transmitir la importancia de mejorar el desempeño energético y asignar los recursos necesarios para ello.	Enfoque estratégico para fijar los objetivos del SGEn, los beneficios de su correcto funcionamiento y cómo interpretar cambios en el desempeño energético.
Nivel Operativo (personal médico, paramédico, de mantención y aseo)	Disminuir el uso y consumo energético en sus actividades diarias, sin impactar negativamente la atención al paciente.	Enfoque técnico sobre controles operacionales en los equipos que utilizan y aspectos específicos paralelos su actividad (iluminación, uso de agua caliente sanitaria y otros sobre los que tengan impacto en el desempeño energético).
Nivel Soporte (administración y otros)	Disminuir el uso y consumo energético en sus actividades diarias, sin impactar negativamente la atención al paciente. Apoyar en la toma de decisiones que incidan en el desempeño energético (compra de equipos, por ejemplo).	Enfoque global de sensibilización sobre los impactos de uso, consumo y desempeño energético y cómo cada persona es un aporte en el ahorro, eficiencia y desempeño energético.

Figura 4.39: Enfoques de capacitación según perfil en el SGEn.

Para cada uno de estos perfiles se propone el siguiente plan de capacitación.

Nivel	Nombre de la instancia	Responsable	Relatores	Periodicidad	Duración	Objetivos de la aprendizaje
Directores y Jefaturas	Introducción a ISO50001	Responsable Energético	Externo o Responsable Energético	A solicitud de la alta dirección o cuando se integre un nuevo directivo	6 horas cronológicas	(1) reconocer los beneficios económicos y ambientales de la implementación y operación de un SGEn (2) conocer la utilidad de los requisitos de ls norma (3) generar una táctica de comunicación sobre la importancia mejorar el desempeño energético hacia sus colaboradores a cargo.
Directores y Jefaturas	Compra de activos considerando eficiencia energética	Responsable Energético	Externo o Responsable Energético	A solicitud de la alta dirección o cuando se integre un nuevo directivo	3 horas cronológicas	(1) Identificar principales equipos que pueden generar altos consumos para cada uno de los USEn dentro del alcance del SGEn, (2) interpretar el método de Life Cycle Cost para cálculo de costos asociados a energía y evaluación de proyectos energéticos.
Directores y Jefaturas	Introducción a ISO50002	Responsable Energético	Externo o Responsable Energético	A solicitud de la alta dirección o cuando se integre un nuevo directivo	6 horas cronológicas	(1) comprender las fases de una auditoría energética, (2) identificar los recursos e información que deben proveer a los(las) auditores(as) para la realización de la auditoría.
Directores y Jefaturas	Nuevas tendencias en gestión energética	Responsable Energético	Externo o Responsable Energético	Anual	3 horas cronológicas	(1) indentificar las nuevas tendencias en mejoras del desempeño energético en la industria de la salud (2) analizar sobre qué nuevas tecnologías o metodologías se pueden traducir en planes de acción para el siguiente año en el alcance del SGEn.
Nivel operativo y nivel soporte	¿Qué es el SGEn?	Responsable Energético	Externo, Responsable Energético o Gestor Energético	Una vez para cada colaborador del centro. Debe realizarse una vez al semestre y sólo para colaboradores que no han participado antes de la capacitación	1,5 horas cronológicas	(1) reconocer los beneficios ambientales, operativos y para sus propios hogares del conocimiento, su inmersión en la implementación y operación de un SGEn (2) reconocer que su colaboración es relevante y en qué instancias tendrán que participar para que el SGEn tenga éxito (3) identificar los planes de acción energéticos a realizar en los CESFAM.
Nivel operativo y nivel soporte	Tu impacto en el SGEn	Responsable Energético	Externo, Responsable Energético o Gestor Energético	Una vez para cada colaborador del centro. Debe realizarse una vez al semestre y sólo para colaboradores que no han participado antes de la capacitación	1,5 horas cronológicas	(1) identificar canales de comunicación para proponer planes de acción energéticos (2) describir la importancia de su participación en la Evaluación del SGEn anual (3) comprender las diferentes maneras de ayudar a los auditores energéticos a recolectar información más fidedigna sobre los usos y consumo de energía en la organización.
Nivel operativo	Controlando los USEn	Responsable Energético	Externo, Responsable Energético o Gestor Energético	Anual en línea con los planes de acción	3 horas cronológicas	(1) identificar los USEn de la organización, (2) comprender las causas que explican el consumo energético en los USEn (3) generar una lista de acciones que les permita reducir el consumo energético en todos los USEn.
Nivel soporte	Identificando los USEn	Responsable Energético	Externo, Responsable Energético o Gestor Energético	Anual en línea con los planes de acción	3 horas cronológicas	(1) identificar los USEn de la organización, (2) comprender las causas que explican el consumo energético en los USEn (3) generar una lista de acciones que les permita reducir el consumo energético en los USEn en los que impactan.

Figura 4.40: Plan de capacitación para cada perfil en el SGEn.

Todo resultado, mejora o necesidad levantada respecto de la Concientización y Capacitación del SGEn debe ser observado por el Equipo de Gestión de la Energía, y levantado en la **Reunión de Seguimiento del SGEn** (definida en el apartado 4.2.5.6).

4.2.5.2. Comunicación

Se establecen 2 ejes de comunicación para el SGEn, el eje interno y el externo.

A nivel interno, se propone generar:

1. Casilla de correo electrónico para recibir propuestas, consultas y comentarios respecto a gestión energética dentro de la organización (**responsable: Responsable Energético**).
2. Sección de información en la intranet Municipal o de los CESFAM respecto de la Política Energética, Planes de Acción Energética e invitando a los colaboradores a enviar sugerencias y propuestas a la casilla de correo en el punto 1 (**Área responsable: Comunicaciones**).
3. Lista de correos que distribuya información a los niveles de la organización sobre capacitaciones y estado de avance de diferentes planes de acción (**Área responsable: Comunicaciones**).

A nivel externo, se propone generar:

1. Sección en la página web de la Corporación de Desarrollo Social de Providencia sobre el SGEn, en que se comuniquen los ahorros energéticos a la comunidad y los planes de acción generados (**Área responsable: Comunicaciones**).
2. Participar en congresos y seminarios en que se presenten casos de éxito y se puedan aprender nuevas prácticas para gestión de la energía en salud (**responsable: Responsable Energético**).

Todo resultado, mejora o necesidad levantada respecto de la Comunicación del SGEn debe ser observado de cerca por el(la) Representante de la Alta Dirección y el(la) Responsable Energético(a), y levantado en la **Reunión de Seguimiento del SGEn** (definida en el apartado 4.2.5.6).

4.2.5.3. Control operacional

El(la) Gestor(a) Energético(a) realiza el control operacional en el alcance del SGEn. El objetivo del control operacional es garantizar una operación energéticamente eficiente, mediante el levantamiento de información y la aplicación de métodos de control ante elementos operacionales que generen el empeoramiento del desempeño energético.

A nivel de levantamiento de información, el(la) Gestor(a) Energético(a) debe:

1. Recolectar información de facturas de energía y reportarla al (la) Responsable Energético, explicando posibles causas del incremento o disminución del desempeño energético. (**periodicidad: mensual**).
2. Catastro de equipos que necesitarán mantenciones el mes siguiente en los equipos de los USEn, saber qué configuraciones afectan a su desempeño energético y notificar al personal de mantenimiento y al responsable energético (**periodicidad: mensual**).
3. Revisión de parámetros operativos o ambientales críticos para el desempeño energético, expresadas en la revisión energética (por ejemplo, que exista una temperatura lo más estática posible como objetivo de climatización en invierno) (**periodicidad: mensual**).
4. Actualización del inventario de consumo y listado de equipos dentro del Alcance del SGEn (**periodicidad: anual**).

Respecto de los métodos de control, el(la) Gestor(a) Energético(a) debe:

1. Comunicar continuamente a los colaboradores que tengan que ver con los USEn sobre parámetros operativos que impactan en el desemepeño energético y que ellos utilicen en el día a día (temperatura a la que se configuran equipos de aire acondicionado, horas de uso de computadores, uso de iluminación, etc).

2. En caso de observarse un incremento en el consumo respecto al mismo mes en el año anterior, debe comunicarlo a las autoridades del CESFAM y a la Alta Dirección en la **Reunión de Seguimiento del SGEn** (definida en el apartado 4.2.5.6).
3. De ser necesario, levantar nuevas necesidades de capacitación.

Respecto de este eje de la ejecución del SGEn, el(la) Responsable Energético(a) debe actualizar los IDEn especificados en la Planificación del SGEn.

Los levantamientos de información (considerando la actualización de los IDEn) y aplicación de métodos de control (y sus resultados) son presentados en la Reunión de Seguimiento del SGEn en la que participa la Alta Dirección. Los detalles de esta reunión se muestran en el apartado 4.2.5.6.

4.2.5.4. Diseño y adquisiciones

El(la) Responsable Energético(a) y el(la) Gestor(a) Energético(a), aparte del control operacional del desempeño energético, debe participar en el diseño de nuevos procesos así como en las adquisiciones de equipos en el alcance del SGEn.

El objetivo de la participación del Equipo de Gestión de la Energía en estos temas es que pueda **optimizar el costo operacional** de cada uno de los equipos, servicios a contratar y procesos a implementar mediante **reducción de consumo energético futuro**.

Para lograr esto se requiere que:

- El Equipo de Gestión de la Energía debe ser notificado de todos los proyectos, compras (de servicios y equpos) a realizarse en el alcance del SGEn que tenga un posible impacto en el desempeño, especialemente aquellos que involucren activos que utilicen energía.
- La Alta Dirección materialice su compromiso con la gestión de la energía e insista siempre en que los proyectos y adquisiciones consideren la dimensión energética y la comunicación al Equipo de Gestión de la Energía.
- El Equipo de Gestión de la Energía debe colaborar con la Alta Dirección y Jefaturas, que sean dueños de proyectos, en la priorización de opciones de más eficientes energéticamente en todo su ciclo de vida y, de ser necesario, auditar o realizar estudios de ingeniería y cotizaciones en este contexto.

Estos puntos deben ser tratados en la **Reunión de Seguimiento del SGEn**, a detallarse en la sección 4.2.5.6.

4.2.5.5. Implementación de Planes de Acción

El(la) Responsable Energético(a) y el(la) Gestor(a) Energético(a) deben revisar regularmente el progreso en la ejecución de los distintos Planes de Acción. Esto incluye la actualización de los avances y la comunicación de los logros y el tratamiento de las acciones que no progresen de acuerdo con lo programado.

Respecto de lo anterior, específicamente, El(la) Responsable Energético(a) y el(la) Gestor(a) Energético(a) deben:

- Actualizar la Carta Gantt de los Planes de acción (**periodicidad: semanal**).
- Identificar factores que hayan generado retrasos o adelantos en la planificación y documentarlos (**periodicidad: semanal**).
- Mitigar los factores que hayan generado retraso o potenciar los factores que generaron adelanto, documentando el resultado de las acciones (**periodicidad: semanal**).

4.2.5.6. Reunión de Seguimiento del SGEn

La principal instancia de gobernanza referente a la ejecución del SGEn corresponde a la **Reunión Mensual de Seguimiento**, en ella se trata el estado de avance, brechas entre lo programado y lo logrado, planes de mitigación de brechas, compromisos y nuevos plazos para cada uno de los ejes de la ejecución del SGEn, a saber: Concientización y Capacitación, Comunicación, Control operacional, Diseño y Adquisiciones e Implementación de Planes de Acción.

Los participantes serán: la Alta Dirección y el Equipo de Gestión de la Energía.

Su estructura propuesta corresponde a:

1. **Estado de Avance de Planes de Acción - Responsable Energético**: respecto a Carta Gantt del Plan.
2. **Brechas entre lo programado y lo logrado - Responsable Energético**: factores que explican los retrasos (por ejemplo: (i) falta de compromiso por la Alta Dirección y, por ende, del personal operativo; (ii) falta de capacidad técnica; (iii) falta de recursos financieros, y; (iv) falta de comunicación y comprensión de expectativas) o bien, adelantos a la planificación establecida.
3. **Propuesta de cierre de brechas en Planes de Acción - Responsable Energético**: el Equipo de Gestión de Energía presenta cómo resolvería las brechas presentadas.
4. **Resumen de control operacional en el SGEn - Gestor Energético**: variaciones en IDEn, mantenciones programadas, capacitaciones realizadas, iniciativas de colaboradores que desean participar en gestión energética, etc.
5. **Resumen de Concientización, Capacitación y Comunicación - Responsable Energético**: principales hitos del mes, valoración de capacitación, nuevas necesidades.
6. **Resumen de Diseño y Adquisiciones - Alta Dirección y Responsable Energético**: la Alta Dirección establece cuáles son los proyectos que el mes siguiente necesitarán consideraciones energéticas y el Responsable Energético presenta cuáles han sido las medidas tomadas y recomendaciones realizadas del mes anterior.

De dicha reunión debe obtenerse una **lista de compromisos por parte de altos directivos**, en los que se especifiquen las acciones y plazos para cerrar las brechas entre lo programado y lo logrado, así como reconocimientos si es que el estado de avance de los Planes de Acción y la operación (en términos de energía) resulta satisfactoria.

4.2.5.7. Documentación

Respecto a la documentación de todo el SGEn se propone generar un único repositorio de documentos web (de preferencia el que ya utilice la organización) que contenga:

- (ID: 0001)Manual del SGEn (correspondiente a la sección 4.2 de este documento) (**periodicidad: a necesidad**).
- (ID: 0010)Política Energética.
- (ID: 0011)Designación del Representante de la Alta Dirección por parte de la Alta Dirección.
- (ID: 0012)Designación del Responsable Energético y Gestores Energéticos por parte del Representante de la Alta Dirección.
- (ID: 0041)Informe anual de revisión energética y análisis de brechas.
- (ID: 0042)Objetivos y Metas energéticas.
- (ID: 0043)Planes de acción energéticos.
- (ID: 0044)Informe final de auditoría energética.

- (ID: 0051)Presentaciones y documentos referentes a instancias de capacitación y concientización en SGEn (**periodicidad: a necesidad**).
- (ID: 0052)Facturas de energía (**periodicidad: mensual**).
- (ID: 0053)Inventarios de consumo y listado de equipos (**periodicidad: mensual**).
- (ID: 0054)Inventario de parámetros operativos críticos para el desempeño energético (**periodicidad: mensual**).
- (ID: 0055)Inventario de proyectos que impactan el desempeño energético (**periodicidad: mensual**).
- (ID: 0056)Minuta de Reunión de Seguimiento del SGEn y listado de compromisos de la Alta Dirección (**periodicidad: mensual**).
- (ID: 0061)Reporte de seguimiento, medición y análisis a nivel de control operacional.
- (ID: 0062)Plan de Medición de la Energía, a nivel de Plan de Acción.
- (ID: 0063)Informes Representativos de Ahorro.
- (ID: 0064)Planificación de Auditoría Interna.
- (ID: 0065)Informe de eficacia de acciones contra no conformidades.
- (ID: 0064)Nota de ubicación de la información del SGEn.
- (ID: 0071)Informe de Revisión de la Alta Dirección.

Los documentos referentes a la Ejecución dentro del SGEn corresponden a los que tienen ID 004X. La implementación de ID está en correspondencia con el requisito *Control de Registros* de la normativa ISO 50001, a tratar en los apartados siguientes.

4.2.6. Verificación

La etapa de verificación del SGEn consiste en realizar actividades que permitan certificar que la etapa de ejecución haya tenido el resultado esperado, y, si no lo tuvo, explicar el porqué con un enfoque metódico.

4.2.6.1. Seguimiento, medición y análisis

El seguimiento, medición y análisis consiste en el proceso de revisión de los IDEn, comparándolos con la Línea Base Energética, obtenida de la Revisión Energética. De este proceso se obtienen informes que expliquen las causas de las variaciones del desempeño energético en la organización.

Es el(la) Gestor(a) Energético(a) el(la) responsable de generar los reportes en dos niveles de seguimiento, medición y análisis: uno relacionado al control operaciónal y, el otro, a la implementación de Planes de Acción.

Sobre el seguimiento, medición y análisis a nivel de control operacional:

El realizar seguimiento a nivel de control operacional se considera el registrar y medir continuamente el comportamiento de los USEn, cómo la operación del día a día de los procesos afectan al desempeño energético y si los métodos de control aplicados, capacitaciones, comunicación, acciones de diseño y adquisiciones generan el resultado esperado en él.

El reporte debe incluir:

1. Datos de las facturas de energía que permitan alimentar a los IDEn.
2. Datos de medidores generales de electricidad (central e idealmente, empalmes).
3. IDEn.
4. Comparación entre el consumo de energía actual y el esperado.
5. Informar las siguientes variables, para cada uno de los USEn.

USEn	Responsable de verificación y medición	Factores determinantes	Variables físicas	Correlación con Consumo Energético
Climatización	Gestor Energético	Temperatura ambiente	Temperatura media de los recintos y Temperatura de configuración del equipo split	Positiva
TICs	Gestor Energético	Demanda (pacientes)	Horas de encendido	Positiva
Iluminación	Gestor Energético	Horas de luz solar	Horas de encendido	Positiva
Calefacción de ACS	Gestor Energético	Demanda (pacientes y colaboradores) y Temperatura ambiente	Temperatura media de los recintos y horas de encendido	Positiva

Figura 4.41: Responsabilidades y variables determinantes en el seguimiento, medición y análisis a nivel operacional.

6. Inventario de consumo actualizado.
7. Estado de avance de los Planes de Acción.
8. Explicación de los cambios generados en los IDEn y métodos de control a aplicar en la operación.

A la fecha de la realización de este trabajo de memoria, la organización no cuenta con equipos de medición portátiles de energía, ni con otro medio de verificación de los IDEn para cada USEn que la factura energética y la auditoría energética, que permite obtener el indicador PCEARU. Respecto a esto, si se desea medir de manera específica los USEn, debe existir inversión en sistemas de medición de la energía en tiempo real. Los casos en que debe realizarse dicha inversión son:

1. Los ahorros de energía que se pueden generar alcanzan para pagar el medidor y su instalación.

2. Se necesita el medidor para hacer el seguimiento de un IDE.
3. Se necesita para hacer el seguimiento de un parámetro operativo crítico.

Respecto a este punto, de invertir en equipos de medición, deberá documentarse los planes de calibración, mantenimiento, verificación, o ajuste de los equipos de control y, el registro de su ejecución. Esto especialmente para los equipos que se encuentran vinculados a los USEn.

Sobre el seguimiento, medición y análisis a nivel de Planes de Acción:

A nivel de Planes de Acción, se propone la utilización del estándar IPMVP para la medición, verificación y análisis de los impactos de los Planes de Acción.

Opciones del IPMVP	¿Cómo se determina el ahorro?	Aplicaciones comunes
A. Verificación Aislada de la MMEE: medición del parámetro clave El *ahorro* se determina midiendo en la *instalación* el parámetro clave que determina el consumo de *energía* del sistema donde se ha implementado la *MMEE* y/o el éxito del proyecto. La medición se puede realizar de forma continua o puntual, en función de la variación que se espere del parámetro a medir y de la duración del *periodo demostrativo de ahorro*. Se realiza una *estimación* del parámetro que no ha sido seleccionado para ser medido en la *instalación*. La *estimación* se puede realizar con datos históricos, especificaciones del fabricante o supuestos técnicos. Sería necesario disponer de la documentación que se ha utilizado como fuentes o la justificación del parámetro que se está estimando. El error admisible obtenido al determinar el *ahorro* de *energía* por usar estimaciones en lugar de mediciones es estimado.	Calculo, por parte de la ingeniería, de la *energía de referencia* y de la *energía* del *periodo demostrativo de ahorro* a partir de: • Lecturas continuas o puntuales del parámetro clave operativo. • Valores estimados. Será necesario aplicar *Ajustes rutinarios* y *ajustes no-rutinarios* como correspondan.	Una MMEE en iluminación donde la potencia es el parámetro clave que se mide de forma periódica. Se estimarán las horas de funcionamiento de los puntos de luz según los horarios del edificio y el comportamiento de sus ocupantes.
B. Verificación aislada de la MMEE: medición de todos los parámetros El *ahorro* se determina midiendo en la *instalación* el consumo de *energía* del sistema en el que se ha implementado la *MMEE*. La medición se realiza de forma continua o puntual, en función de la variación esperada del *ahorro* y la duración del *periodo demostrativo de ahorro*.	Mediciones continuas o puntuales de la *energía* del *periodo de referencia* y de la *energía* del *periodo demostrativo de ahorro*; y/o cálculos que utilicen patrones de consumo. Será necesario aplicar *ajustes rutinarios* y *ajustes no-rutinarios* como correspondan.	*Instalación* de un variador de frecuencia en un motor para regular el caudal de la bomba. Medir la potencia (kW) con un equipo de medida instalado en el propio motor que toma la lectura de la potencia cada minuto. En el *periodo de referencia* se instala el equipo de medida durante una semana para verificar la carga de trabajo del motor. El equipo de medida sigue instalado durante el *periodo demostrativo de ahorro* para hacer un seguimiento de la variación de la potencia de la bomba.

Figura 4.42: Opción de M&V A y B IMPVP. Fuente: IPMVP

Opciones del IPMVP	¿Cómo se determina el ahorro?	Aplicaciones comunes
C. Verificación de toda la Instalación El *ahorro* se determina midiendo el consumo de *energía* de toda la *instalación*, o de una parte de ella. La medición de todo el consumo de *energía* de la *instalación* se realiza de forma continua durante el *periodo demostrativo de ahorro*.	Análisis de toda la información de los equipos de medida de la empresa de suministro durante todo el *periodo de referencia* y todo el *periodo demostrativo de ahorro*. *Ajustes rutinarios* según sean necesarios utilizando comparaciones simples y *análisis de regresión*. Serán necesarios aplicar *Ajustes no-rutinarios* según sean convenientes.	Proyectos de eficiencia en los que las *MMEE* implementadas afecten a varios equipos de la *instalación*. Medición del consumo con equipos de medida de *energía* eléctrica, de combustibles y agua durante un *periodo de referencia* de doce meses y durante el *periodo demostrativo de ahorro*.
D. Simulación Calibrada El *ahorro* se determina simulando el consumo de *energía* de toda la *instalación*, o de una parte de ella. La simulación tiene que ser capaz de modelar el rendimiento energético actual de la *instalación*. Esta opción suele requerir habilidades especiales para realizar simulaciones calibradas.	La simulación del consumo de *energía* calibrado con la información de las facturas de suministro, horarias o mensuales. (La lectura del consumo en un equipo puede servir para mejorar los datos de entrada.)	Proyectos de eficiencia donde las *MMEE* implementadas afecten a varios equipos de la *instalación* y no existen equipos de medida en el *periodo de referencia*. Después de la *instalación* de los equipos de medida de *energía* eléctrica y de combustibles se utilizan sus lecturas para calibrar la simulación. El consumo de *energía de referencia*, que se ha determinado con la simulación calibrada, es comparado con la simulación del consumo de la *energía* durante el *periodo demostrativo de ahorro*.

Figura 4.43: Opción de M&V C y D IMPVP. Fuente: IPMVP

Respecto de las opciones de IPMVP, se recomienda, para cada uno de los siguientes casos, verificar los resultados del Plan de Acción (o Medida de Eficiencia Energética, MEE) como sigue:

Tabla 4.1: Recomendación respecto a la opción de medición y verificación IMPVP, con base en las características del proyecto de implementación de Plan de Acción (o MEE). Fuente: IPMVP

Características del Proyecto de Implementación de MEE	**Opciones recomendadas**			
	A	**B**	**C**	**D**
Hay que evaluar cada una de las MEE de forma independiente		X		
Sólo se necesita evaluar el rendimiento de toda la instalación			X	
El ahorro estimado está por debajo del 10 % respecto del consumo del equipo de medida de la empresa de suministro		X		X
Hay varias MEE implementadas			X	X
No está claro cuál es el significado de algunas variables que influyen sobre la energía		X	X	X
Los efectos cruzados de las MEE son significativos y no se pueden medir			X	X
Se esperan muchos cambios dentro del límite de medida				X
Hay que evaluar el rendimiento en un periodo de tiempo largo			X	
No se disponen de datos de referencia				X
Hay que preparar los informes para que sean entendidos por personas que no tienen formación técnica	X	X	X	
Altas habilidades en medida	X	X		
Altas habilidades sobre simulación por ordenador				X
Se posee experiencia en la lectura de las facturas de la empresa de suministro y en realizar análisis de regresión			X	

Para cada Plan de Acción debe existir un Plan de Medición de la Energía, el que debe contener:

1. Datos de Identificación del Plan de Acción, como en la Figura 4.37.
2. Opción de IPMVP escogida.
3. Definición del Período de Referencia (puede utilizarse la Revisión Energética para calcular la Energía del Período de Referencia), según marco IPMVP.
4. Método de cálculo de la Energía del Período de Referencia, según marco IPMVP.
5. Método de definición del período Representativo de Ahorro, según marco IPMVP.
6. Especificación, frecuencia y precisión estimada de las mediciones a realizar.
7. Presupuesto para el Plan de Medición de la Energía.
8. Formato de Informes Representativos de Ahorro.

Los informes representativos de ahorro deben mostrar, a lo menos:

- Opción de IPMVP.
- Energía del Período de Referencia y método de cálculo.
- Energía del Período Representativo de Ahorro y método de cálculo.
- Ajustes de energía, en base a la proyección del consumo energético sin la MEE y método de cálculo.
- Ahorro energético obtenido por la aplicación de la MEE.

Se recomienda que para que se implemente un Plan de Medición de la Energía, se incurra en gastos anuales menores al 10 % del ahorro por Plan de Acción.

4.2.6.2. Auditoría interna

La finalidad de una auditoría interna consiste en verificar que el SGEn esté funcionando de acuerdo con lo diseñado. Es habitual que se diseñe un sistema de gestión muy bueno, pero que en la práctica se ignore. No tiene ningún sentido tener un SGEn si no se usa como corresponde.

Una vez al año, la Alta Dirección debe seleccionar un equipo auditor del SGEn, el que puede pertenecer a la organización (siempre y cuando se cumpla el principio de imparcialidad, a presentar más adelante en este apartado), o externos; garantizando que tengan conocimientos de auditoría de Sistemas de Gestión ISO o que hayan participado en la operación/implementación de alguno.

La designación del equipo debe incluir también la designación del(la) Líder del Equipo de Auditoría Interna.

El equipo de auditoría seleccionado debe responder a los siguientes principios:

- **Integridad:** La auditoría debe realizarse de manera honesta, responsable, diligente y con profesionalismo. No debe dejarse fuera fuera de la documentación ningún aspecto importante, es decir, que pueda generar a futuro una toma de decisiones desinformada a la organización o disminución del desempeño energético.
- **Presentación ecuánime:** Obligación de reportar con veracidad y exactitud.
- **Confidencialidad:** Discreción en el uso y protección de la información adquirida en el curso de la auditoría (incluyendo plan e informe).
- **Imparcialidad:** el equipo auditor seleccionado debe ser objetivo e imparcial, por lo que no debe presentar relación con las áreas auditadas.
- **Enfoque en evidencia:** Los resultados de la auditoría deben ser verificables y generar confianza.

Adicionalmente, el equipo auditor debe contar con las competencias que le permitan inculcar a cada una de las partes involucradas **la importancia de la labor de auditoría**, sus beneficios y la relevancia de su **colaboración** en la entrega de información. Esto, con la finalidad de reducir las resistencias internas que puede generar el proceso de auditoría interna.

A nivel de ejecución, las fases necesarias propuestas para la realización de la Auditoría son:

1. **Planificación**:
   a) Selección del equipo auditor, considerando competencias y principios establecidos en este documento.
   b) Elaboración del Plan de Auditoría Interno, en conjunto con el Responsable de la Alta Dirección. Debe considerarse: el alcance, los objetivos, los responsables de las no conformidades encontradas (en caso de que existan), auditados, fechas y horario de la auditoría (una vez acordado este plan, el responsable debe comunicarlo al personal que será auditado).
2. **Desarrollo**:
   a) Realización de reunión de apertura, en conjunto con todo el personal auditado. Es la principal instancia para transmitir la importancia de la colaboración con la auditoría y reducir las resistencias internas.
   b) Revisión de la documentación del SGEn (especificados en este documento).
   c) Realización de entrevistas a funcionarios(as) respecto de la gestión de la energía en la organización.
   d) Generación de hallazos, proceso en el que debe responder ¿Se están alcanzando los objetivos y las metas establecidos? ¿Se están siguiendo los planes de acción y los controles establecidos por la organización? ¿Es posible admitir que los procedimientos y planes establecidos por la

organización conducirán a la mejora del SGE? ¿Hay pruebas de la mejora continua del desempeño energético?

3. **Clasificación de hallazgos**: En caso de que los requisitos de la norma no estén siendo cumplidos en la práctica, el hallazgo se llamará *no conformidad*.
4. **Elaboración de Informe de Auditoría, el que debe contener**:
   a) Objetivos de auditoría y alcance (identificar unidades organizacionales auditadas).
   b) Equipo Auditor.
   c) Criterios (responde a qué implica no cumplir la norma) y metodologías utilizadas para contrastar la norma ISO 50001 contra el día a día del SGEn (formularios, preguntas de entrevisas, etc.).
   d) Hallazgo y evidencia relacionada (documentos, entrevistas, eventos observados, etc.).
   e) Conclusiones.

El Representante de la Alta Dirección debe revisar y aprobar mandar a distribuir los resultados a los responsables de no conformidades establecidos en la planificación de la auditoría.

4.2.6.3. Tratamiento de no conformidades

Luego de la auditoría, los responsables de no conformidad, establecidos en la planificación de la Auditoría Interna al SGEn, deben:

1. Revisar las causas de no conformidad, mediante análisis de causa raíz.
2. Tomar acciones preventivas y correctivas, considerando las conclusiones del análsis de causa raíz.
3. Realizar una revisión de eficacia de las medidas tomadas, esta verificación consiste en comprobar que la no conformidad para la cual se ha tomado la medida, no se ha producido en un tiempo determinado. Cabe destacar que esta última aclaración implica que la revisión de eficacia no puede realizarse de manera inmediata, pues busca identificar recurrencias en un horizonte temporal.

Del tratamiento de no conformidades, debe obtenerse un Informe de revisión de eficacia de acciones contra no conformidades, el que debe contener la identificación de la *no conformidad* (requisito ISO 50001 no cumplido) el análsis de causa raíz generado, las acciones a realizar y si en el horizonte temporal (generalmente semestral) las acciones tuvieron el efecto esperado.

4.2.6.4. Control de Registros

Con tal de mantener trazabilidad de cada una de las acciones y lecciones aprendidas en la gestión de SGEn, incluyendo la mejora del desempeño energético, la solución de no conformidades, errores en la implementación, controles operacionales, etc., es que es necesario que exista un formato estándar para registrar la documentación y cada uno de sus cambios.

La información documentada debe almacenarse de forma que esté disponible, vigente y accesible para todas las partes interesadas en su contenido.

En relación a este requisito, la organización debe:

- Poseer una estructura de codificación en sus documentos, considerando lo siguiente:
  - **Títulos**: el título de cada documento debe partir con su ID, según lo definido en la sección 4.2.5; ser *camelizado*, es decir, cada palabra en el título debe empezar con mayúscula, y; además, debe terminar con la fecha de la última modificación realizada en formato AAAAMMDD, (por ejemplo: 0010PoliticaEnergética20200101.docx)

- **Control de versiones**: en la primera hoja de cada documento u hoja de cálculo debe existir un control de versiones en el siguiente formato.

Versión	Modificación	Ejecutor(a)
XX.X	Descripción de cambios realizados	Nombre de persona que realizó el cambio

Figura 4.44: Control de versiones en cada documento del SGEn.

- **Visado de documentos**: en la última hora de cada documento o en la primera hoja de cálculo debe establecerse un apartado que fecha el documento, su dueño y quién aprueba su última modificación, en el siguiente formato.

Fecha de revisión	Responsable del Documento	Cambios aprobados por	Cargo de quien aprueba
AAAAMMDD	Persona a cargo de la información que contiene el documento	Persona responsable de aprobar la información o cambios realizados en el documento	Cargo

Figura 4.45: Visado de documentos del SGEn.

- Establecer una ubicación de su documentación. Se recomienda una locación digital, mediante un software de gestión de documentación, de preferencia el que utiliza la organización actualmente. La identificación del repositorio debe notificarse mediante una Nota a todos quienes deban tener acceso a los documentos del SGEn
- Mantener con los documentos con la periodicidad establecida en los apartados *Documentación* del Manual del Sistema de Gestión de la Energía.

4.2.6.5. Documentación

Respecto de la etapa de Verificación del SGEn se debe generar la siguiente documentación

- Reporte de seguimiento, medición y análisis a nivel de control operacional (**periodicidad: mensual**).
- Plan de Medición de la Energía (**periodicidad: a necesidad**).
- Informes Representativos de Ahorro (**periodicidad: a necesidad**).
- Planificación de Auditoría Interna (**periodicidad: anual**).
- Informe de revisión de eficacia de acciones contra no conformidades (**periodicidad: anual**).
- Nota de ubicación de la información del SGEn (**periodicidad: a necesidad**).

4.2.7. Actuar

La etapa final del SGEn consiste en consolidar la información de las etapas anteriores con tal de comprender las lecciones aprendidas, definir cambios estratégicos al SGEn para el siguiente año, identificar medidas correctivas para eventuales desviaciones diagnosticadas y plantear nuevos objetivos y metas a medida que avanza el cumplimiento e implementación de Planes de Acción.

Esta fase posee una única actividad: la Revisión de la Alta Dirección.

Esta Revisión debe realizarse al final de cada año y, de manera extraordinaria, cada vez en que ocurra algún suceso que implique el realizar cambios en la Política Energética o la ocurrencia de cambios en requisitos legales impuestos respecto de la energía, presupuesto para Planes de Acción u otro a necesidad de la Alta Dirección.

4.2.7.1. Revisión de la alta dirección

Participantes:

Los participantes de la Revisión de la Alta Direción son la Alta Dirección y Equipo de Gestión de la Energía, definidos en la sección Responsabilidades y Politica Energética. Si es que la Alta Dirección lo considera necesario, puede invitar a otros actores organizacionales que puedan generar mejora en la efectividad de la Revisión (generalmente responsables de elementos del sistema como el control de los usos y consumos energéticos significativos, formación, registros, así como cualquier otro miembro de la organización de manera que los trabajadores puedan aportar sus inquietudes y experiencias).

Entradas:

La información a revisar en esta actividad consiste en:

- Política Energética.
- Objetivos, Metas y Planes de Acción planificados.
- Informe anual de revisión energética y análisis de brechas.
- Informe final de auditoría energética.
- Minuta de Reunión de Seguimiento del SGEn y listado de compromisos de la Alta Dirección.
- Resultados de informes de Seguimiento, Medicion y Análisis, a nivel de control operacional.
- Informes Representativos de Ahorro, a nivel de Planes de Acción.
- Resultados de Auditoría Energética y de Auditoría Interna al SGEn.
- Informes de revisión de eficacia de acciones contra no conformidades.
- Requisitos Legales (escencialmente revisar si la normativa ha cambiado o no).
- Normativa ISO 50001, ISO 50002, ISO 19011.

Proceso:

El proceso de Revisión por la Alta Dirección consiste en:

1. Establecer la naturaleza de la Revisión (períodica o extraordinaria).
2. Definir el hecho que desencadenó la reunión. En caso de ser extraordinaria, sólo debe abarcarse entre los siguientes puntos aquellos que sean necesarios para resolver la contingencia.
3. Concluir en base a los inputs, el nivel de cumplimiento de los Objetivos y Metas, así como elementos que expliquen las desviaciones experimentadas.
4. Concluir respecto del proceso de fijación de Objetivos y Metas, principalmente si es que estos fueron la materialización de los compromisos establecidos en la Política Energética.
5. Identificar principales logros y fallas en la consecución de Objetivos y Metas, así como documentar los factores que generaron mejoras y pérdidas en el desempeño energético.
6. Identificar cambios normativos que impliquen modificar las fases, documentos o procesos asociados al SGEn.
7. Concluir respecto a la necesidad de modificar la Política Energética.
8. Concluir respecto a la utilidad de los IDEn definidos y si es necesario implementar nuevos o eliminar antiguos.
9. Concluir respecto a la efectividad de los controles operacionales e interacción del SGEn en proyectos que afectan el desempeño energético en la organización.

10. Definir a alto nivel, de ser necesario, nuevos métodos de control operacional y vinculación del Equipo de Gestión de la Energía en el diseño de procesos y definición de adquisiciones dentro del alcance del SGEn.
11. Concluir respecto de la utilidad y pertinencia de la Documentación del SGEn, así como definir, de ser necesario, nuevos documentos y registros.
12. Concluir respecto a la efectividad del seguimiento, medición y análisis del SGEn, así como el tratamiento de no conformidades.
13. Concluir sobre la correcta aplicación del presupuesto para el SGEn, identificando factores que explican el desvío del mismo.

Salidas:

De la Revisión, debe documentarse los puntos del proceso en el Informe de Revisión de la Alta Dirección y distribuir a Directores y Jefaturas dentro del alcance del SGEn, así como a los participantes de la misma.

De manera adicional, este documento, debe ser considerado para la planificación del SGEn al mismo nivel que la revisión energética.

4.2.7.2. Documentación

Respecto de la fase Actuar, la documentación requerida consiste en:

- Informe de Revisión de la Alta Dirección (**periodicidad: a necesidad**).

4.3. Evaluación de mejoras a nivel de perfil

En esta sección se realiza la evaluación de Planes de Acción (MEE) a nivel de perfil mediante la metodología de Life Cycle Cost.

Los parámetros, variables y supuestos a considerar para esta evaluación se establecieron en la sección 3.2.6.

4.3.1. Recambio de Equipos de Aire Acondicionado en CESFAM Leng

La climatización corresponde al principal uso consumidor de energía en todo el alcance del SGEn. En particular, en de la revisión energética (y de la auditoría que fue input de la misma) se identificó que el CESFAM Leng era el que contaba con los equipos más antiguos de climatización. Lo anterior representa que sus equipos consumen casi el doble que el de los otros Centros dentro del Alcance de este trabajo.

La siguiente evaluación tiene por objetivo cuantificar monetariamente los ahorros que representaría implementar nuevo equipos de climatización con un consumo eléctrico nominal menor, principalemente invirtiendo en equipos con tecnología **inverter**.

4.3.1.1. Justificación y horizonte Temporal del Plan de Acción

El consumo energético de un equipo split de aire acondicionado depende de su compresor. En equipos anteriores a la década de los 80, los split presentan curvas de potencia a la hora de funcionar que implicaban el uso de máxima potencia, o bien, permanecer apagados hasta que se volviera a superar cierta temperatura de confort en el ambiente [9]

Según ***Toshiba*** [10] y ***Airzone*** los beneficios de instalar splits con tecnología inverter son:

1. Ahorro de energía: el funcionamiento de los equipos inverter implica ahorro energético respecto de equipos que no presentan dicha tecnología, ya que la velocidad del compresor de disminuye progresivamente conforme la temperatura se acerca a la deseada. En función del equipo y de sus características, el ahorro oscila entre el 20 - 50 %.
2. Confort: Cuanto mejor es el compresor, mayor capacidad de reacción tiene, y por lo tanto es capaz de alterar su velocidad a diferenciales cada vez menores para que el usuario no perciba cambios de temperatura. Además, logra alcanzar la temperatura deseada en menos tiempo, pues acelera el compresor en el encendido.
3. Vida útil: Al evitar arranques y encendidos, así como hacer girar el compresor a velocidades bajas, conserva mejor el equipo de aire acondicionado.

La principal desventaja es que para poder utilizar el equipo, las personas requieren tener cierta educación en el uso estos equipos, por lo que los usuarios no deben utilizarlo a máxima potencia si desean incrementar la temperatura o a mínima potencia si desean disminuirla.

Respecto al horizonte temporal, el tiempo de vida útil promedio de un equipo de aire acondicionado es de 15 años en promedio [11]. Por lo que la evaluación se hará en dicho horizonte temporal.

[9] ¿Qué es un sistema inverter? ¿Qué ventajas ofrece? - Airzone http://www.airzone.es/blog/climatizacion/que-es-un-sistema-inverter/

[10] Toshiba - ¿Qué es inverter? https://www.toshiba-aire.es/que-es-inverter/

[11] MN, Tiempo de vida del aire acondicionado http://www.mndelgolfo.com/reportaje/tiempo-de-vida-del-aire-acondicionado/

4.3.1.2. Consumo energético proyectado

La proyección del consumo energético se obtiene mediante regresión lineal del consumo energético del año base para equipos HVAC en el CESFAM Leng y los grados día de enfriamiento (GCE) y calefacción (GDC) históricos sobre Santiago de Chile (para ver el proceso de obtención de la demanda, ver la sección Anexos E.

Como la proyección es en función de data histórica, como la temperatura promedio de Santiago para cada mes del año, se obtiene que para cada año se proyecta un patrón de consumo idéntico, sin tendencia al alza.

Esto entrega una demanda proyectada anual de 14,107[kWh] anuales.

4.3.1.3. Proyección de ahorros energéticos por el Plan de Acción

El plan de acción implica el recambio de equipos de aire acondicionado.

En la situación actual, los equipos de aire acondicionado instalados consumen 1570[W] y la potencia entregada al medio es de 1300[W].

En la situación propuesta, los nuevos equipos poseen un consumo nominal de 800[W] y la potencia entregada al medio es de 2600[W].

Tomando las condiciones de operación registradas en la auditoría energética, considerando las horas de uso promedio de cada uno de los equipos de aire acondicionado del Centro, el consumo de cada equipo en el caso actual es de 748[kWh] anuales, versus 366[kWh] anuales considerados en el caso propuesto, un **49 % de ahorro anual promedio**.

4.3.1.4. Ahorros monetarios por concepto de energía

A la hora de obtener los ahorros monetarios por conceptos de energía debe considerarse los siguientes factores.

Parámetros	Valor
Inflación anual	3%
Número de equipos a cambiar (A)	22
Costo del equipo (B)	350.000
Costo de la instalación (C)	100.000
Inversión (A x (B+C))	9.900.000
Tasa de descuento	8%
Cantidad de años de pago de deuda	5

Figura 4.46: Parámetros para la obtención de ahorros monetarios por concepto de energía.

Tanto para el caso propuesto como para el caso base, se toma que las mantenciones poseen el mismo costo y se realizan con la misma periodicidad.

Considerando un horizonte temporal de 15 años, la proyección de demanda explicada y los precios mensuales del kWh presentes en el Anexo E y una inflación de 3 % la curva de costos proyectados para la situación base y situación propuesta son las siguientes.

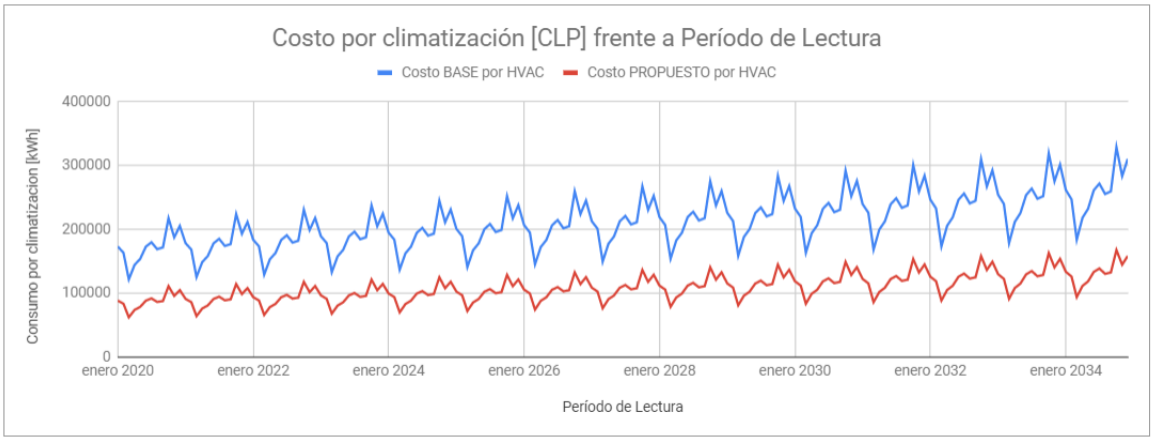

Figura 4.47: Costo por consumo eléctrico de sistemas de aire acondicionado. En color azul se presenta la situación base y en color rojo, la propuesta.

Al utilizar la metodología de Life Cycle Cost, el beneficio obtenido por la implementación de los nuevos aires acondicionados corresponderá a la disminución de los costos.

Llevando lo anterior a un flujo de caja anual, se obtiene:

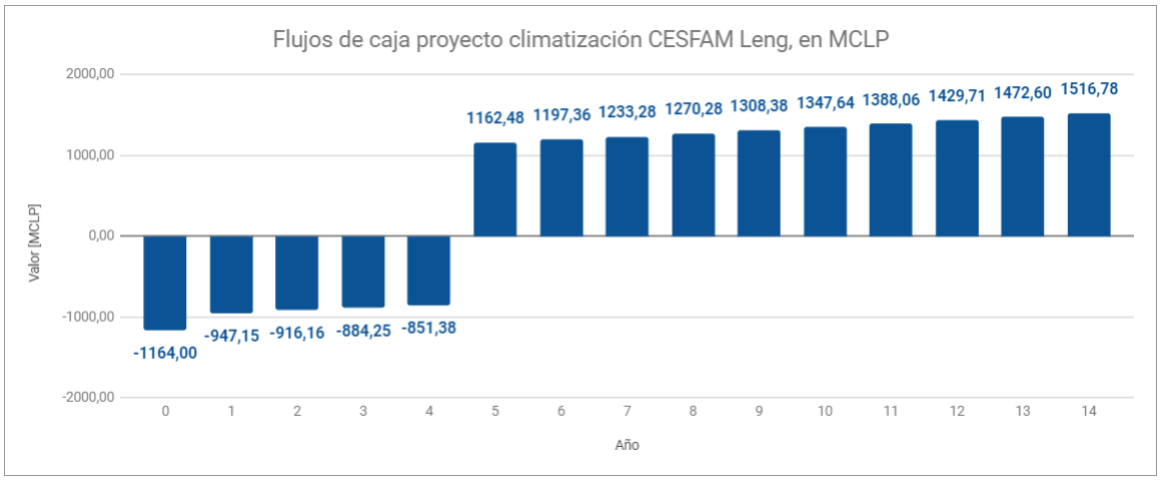

Figura 4.48: Flujos de caja anuales para el proyecto recambio de equipos de aire acondicionado, en miles de pesos chilenos.

Resultado	Valor
VAN (LCC), CLP	2.126.940
TIR, %	14,80%
Payback, años	5

Figura 4.49: Resultados de evaluación a nivel de perfil del proyecto de Recambio de equipos de aire acondicionado.

4.3.1.5. Análisis de sensibilidad

Con la finalidad de detectar los principales riesgos que afectan a la rentabilidad del proyecto, se realizará un análisis de sensibilidad respecto del Valor Actual Neto del proyecto (obtenido mediante el método

de LCC) sobre la tasa de descuento y la cantidad de años para el pago del crédito.

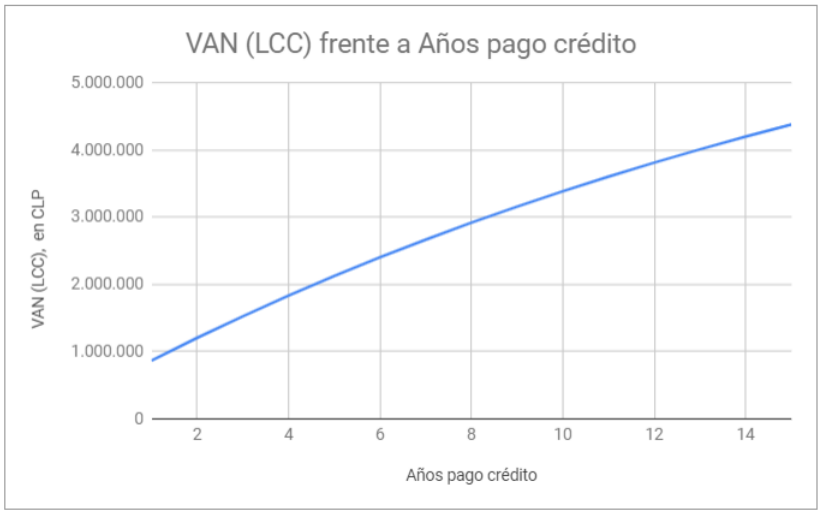

Figura 4.50: Variación del Valor Actual Neto en función de los años de pago de deuda para el pago de la inversión.

De lo anterior se infieren 2 ideas:

1. Independiente del la cantidad de años en que se paga el crédito, el valor actual neto del proyecto es positivo.
2. A una mayor cantidad de años de pago del crédito el valor del proyecto crece, en todo el horizonte temporal del plan de acción.

A continuación, se repite el ejercicio pero en función de la tasa de descuento.

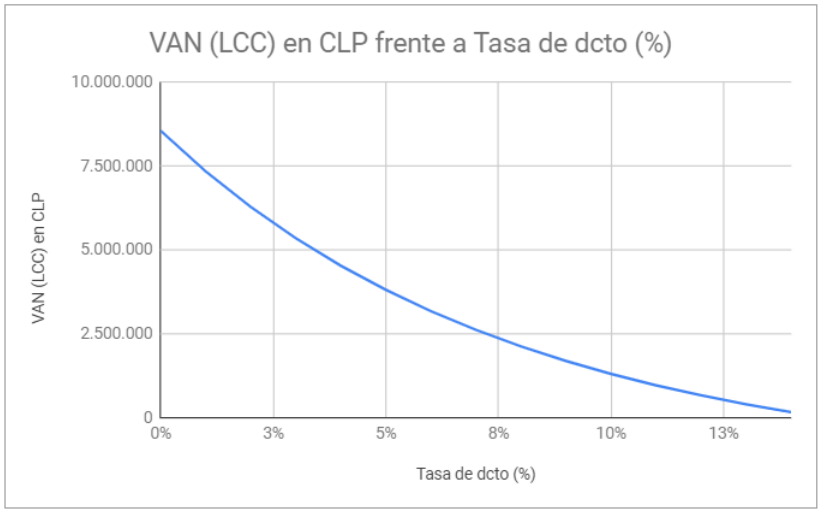

Figura 4.51: Variación del Valor Actual Neto en función de la tasa de descuento.

De análisis de sensibilidad del valor actual neto sobre la tasa de descuento se obtiene que si es posible disminuir la tasa de descuento (mediante una menor tasa de interés a la hora de consiguir créditos para este inversión, por ejemplo) el valor del proyecto se incrementa.

4.3.2. Implementación de paneles fotovoltaicos

4.3.2.1. Justificación y horizonte Temporal del Plan de Acción

Una de las iniciativas que la Alta Dirección de los Centros de Salud mostró interés en analizar como Plan de Acción consiste en las instalación de generación fotovoltaica, como una medida de disminución de los costos y garantizar que la fuente con la que alimentan de energía sus procesos sea renovable.

Respecto al alcance propuesto para esta evaluación, se considerará que los paneles son instalados en el CESFAM Alessandri.

Por otra parte, sobre el horizonte temporal de esta evaluación, éste será de 12 años, con base en las proyecciones presentadas por la herramiento *Explorador Solar del Ministerio de Energía*.

4.3.2.2. Capacidad energética

Para proyectar los ahorros que podrá generar la implementación de la planta fotovoltaica, la variable más importante es encontrar la capacidad, en términos de potencia, que esta podrá entregar al Centro de Salud.

Para lo anterior, se utiliza la herramienta *Explorador Solar*, del Ministerio de Energía de Chile (http://www.minenergia.cl/exploradorsolar/), para ver el paso a paso de la estimación ir al anexo F.

Los resultados de la estimación de capacidad fueron:

Figura 4.52: Estimación de la capacidad del sistema fotovoltaico proyectado para el CESFAM Alessandri. Fuente: *Explorador Solar del Ministerio de Energía.*

4.3.2.3. Proyección de ahorros energéticos por el Plan de Acción

La herramienta utilizada también obtiene la proyección de ahorros para el caso de estudio.

A nivel anual, los ahorros por los efectos del plan de acción son los siguientes:

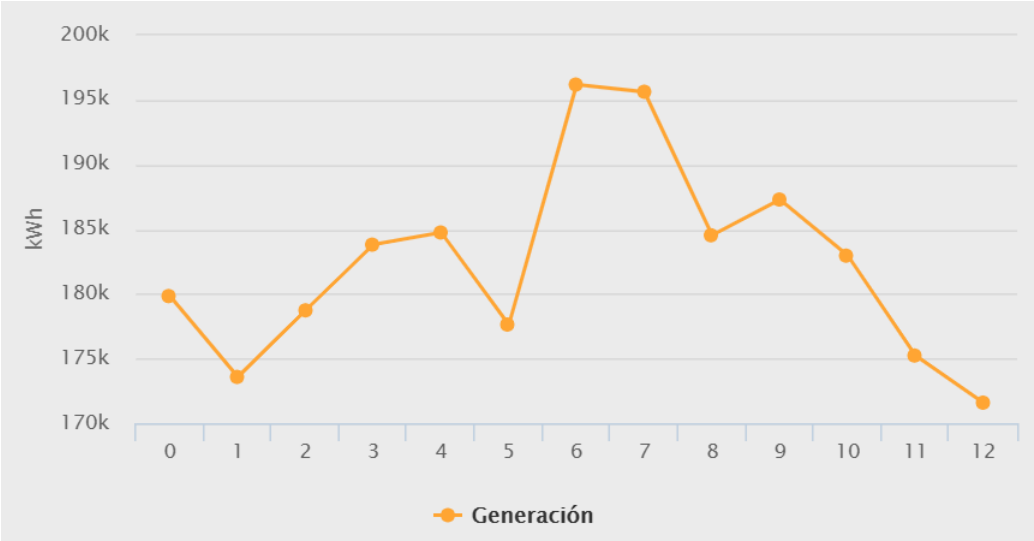

Figura 4.53: Estimación de generación anual del sistema fotovoltaico proyectado para el CESFAM Alessandri. Fuente: *Explorador Solar del Ministerio de Energía.*

4.3.2.4. Ahorros monetarios por concepto de energía

Para obtener los ahorros monetarios con el método de Life Cycle Cost es necesario calcular (a nivel anual):

- **Costo de Inversión de paneles fotovoltaicos para la planta a evaluar:** el Ministerio de Energía de Chile realizó un estudio respecto de los precios de la inversión para implementar plantas fotovoltaicas, cuyo resultado arrojó la curva de precio unitario por panel respecto al tamaño de la planta.

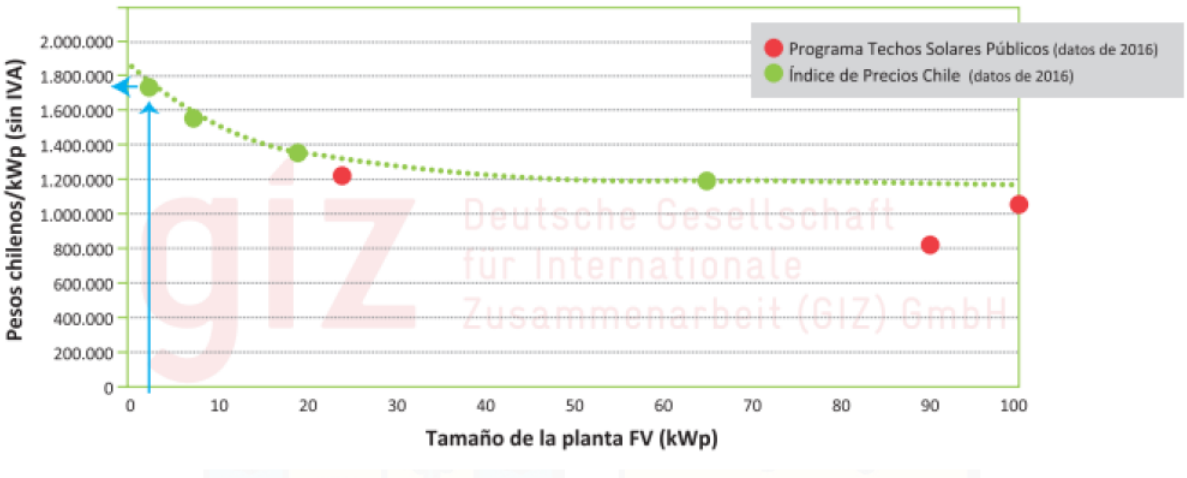

Figura 4.54: Precio neto de 1 kWp instalado por tamaño de planta fotovoltaica. Fuente: *Ministerio de Energía.*

De esto, puede desprenderse un precio unitario por kW cercano a **1.100.000 [CLP/kWp]**, llegando a una inversión inicial de **142.296.000 [CLP]**.

- **Costo de mantenimiento de paneles fotovoltaicos:** según la *Guía de Operación y Mantenimiento de Sistemas Fotovoltaicos, del Ministerio de Chile* consisten en aproximadamente el 20 % de los costos totales del proyecto en su ciclo de vida. Considerando esto, los costos por mantenimiento son de **28.459.920 [CLP]**, unos **2.371.660 [CLP]** cada año.
- **Ganancias por generación eléctrica mediante ERNC:** los ingresos por ahorros en el consumo energético se obtienen considerando lo obtenido en la Estimación de generación anual de la Figura **??** y los precios de la energía. Según lo obtenido en el cálculo de la línea base energética para el CESFAM Alessandri, el costo de la energía es de **100 [CLP/kWh]**. Finalmente, al igual para la evaluación anterior, se considerará una tasa de descuento de **8 %** y una inflación anual de **3 %**.

A modo de resumen, los parámetros a considerar en esta evaluación son:

Parámetros	Valor
Inflación anual [%]	3,000%
Inversión inicial [CLP]	(142.296.000)
Costos de mantenimiento anual [CLP]	(2.371.660)
Tasa de descuento [%]	8,000%
Cantidad de años pago de deuda [años]	5
Precio de energía [CLP/kWh]	100

Figura 4.55: Parámetros para evaluación económica de instalación de generación fotovoltaica en CESFAM Alessandri. Fuente: *Elaboración propia.*

Tomando en cuenta las variables presentadas, los resultados de la evaluación y los flujos de efectivo proyectados para el proyecto son:

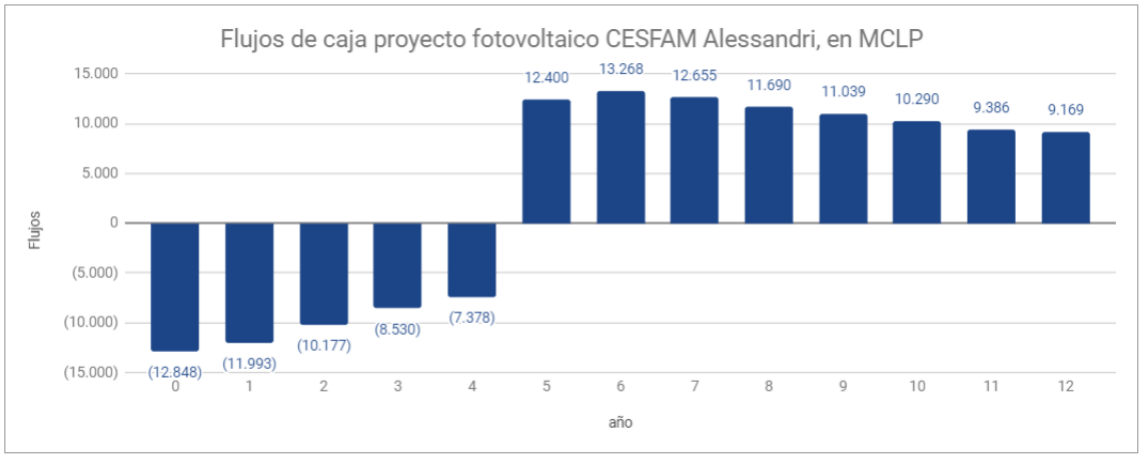

Figura 4.56: Flujos de caja anuales para el proyecto en miles de CLP. Fuente: *Elaboración propia.*

Factor	Valor
VAN (LCC) [CLP]	38.970.623
Payback [años]	5
TIR [%]	18,083%

Figura 4.57: Principales resultados de la evaluación a nivel de perfil. Fuente: *Elaboración propia.*

4.3.2.5. Análisis de Sensibilidad

En el caso de los paneles fotovoltaicos, este proyecto es más intensivo en términos de capital y mantenimiento que el caso anterior, es por esto que para poder determinar los principales riesgos que podrían afectar la rentabilidad del proyecto es que se realiza un análisis de sensibilidad sobre la inversión y los costos anuales de mantenimiento.

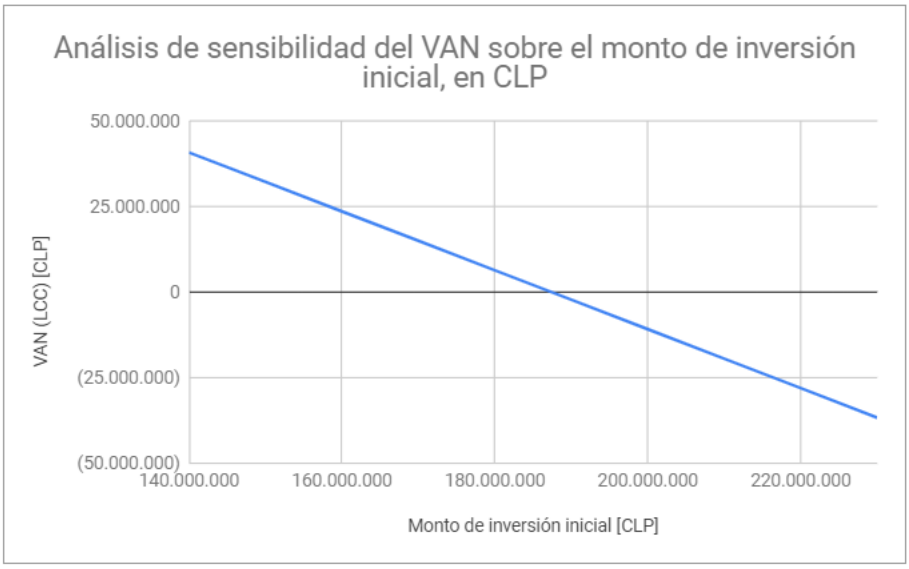

Figura 4.58: Análisis de sensibilidad del VAN respecto al monto de inversión inicial. Fuente: *Elaboración propia.*

Respecto a la inversión inicial, es necesario que esta aumente en torno a un 35 % para que el proyecto deje de ser rentable.

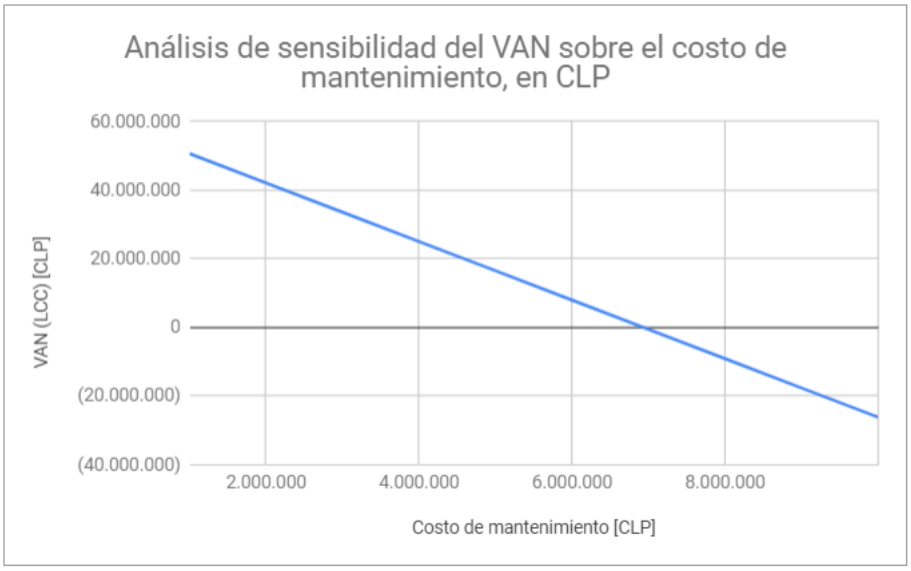

Figura 4.59: Análisis de sensibilidad del VAN respecto a costos de mantenimiento. Fuente: *Elaboración propia.*

Por otra parte, respecto a los costos de mantenimiento, es necesario que aumenten más de 2 veces para que la instalación de fotovoltaicos sea inviable económicamente.

5 | CONCLUSIONES

Los Sistemas de Gestión de la Energía consisten en un conjunto de elementos interrelacionados (personas, áreas funcionales, procesos, sistemas de información y activos físicos) que interactúan para establecer una política energética y alcanzar sus objetivos. En la práctica, su importancia radica en que logran reducir el consumo energético, aumentar la eficiencia energética y establecer sus beneficios económicos, para que sean considerados dentro de los objetivos estratégicos del negocio. En el rol de gestionar el bienestar medioambiental y de mantener Centros de Salud en el territorio de Providencia, la Municipalidad ha considerado los beneficios de implementar un SGEn basado en norma ISO 50001.

Respecto a la aplicabilidad de la normativa y futuros pasos hacia una certificación de los Centros, debe considerarse la brecha existente entre los procesos actuales de energía y el cumplimiento cabal de los requisitos establecidos en la normativa ISO 50001. Los resultados del análisis de brechas aplicados a los Centros de Salud de Providencia muestran que éstos **no superan el 20 % de cumplimiento en los requisitos de la norma** (ver Figuras 4.10, 4.17, 4.24).

Detallando por conjunto de requisitos, sobre las responsabilidades de la administración y política energética, en las entrevistas del análisis de brechas los 3 directores reconocen que les «interesa poder reducir sus costos y consumos de energía», así como «considerar relevante y útil el poder implementar un esquema que permita reducir los impactos ambientales de la operación», aunque en la actualidad ninguno presenta una política.

En lo referente a planificación energética y comprobación del desempeño, sólo CESFAM Leng y El Aguilucho de revisa contínuamente las facturas de energía y comunica a los empleados el consumo (esto sólo a nivel agregado, sin analizar los puntos de mayor consumo ni establecer responsables de la administración de recursos energético); Alessandri no tiene acceso a sus facturas de luz, ya que la Corporación de Desarrollo Social no les da acceso continuo a la información.

A nivel de implementación y operación, los 3 directores reconocen la intención de invertir en iluminación eficiente, pero no identifican otros usos de energía como potenciales elementos importantes para reducir sus consumos eléctricos.

Por otra parte, la revisión energética permite establecer cuantitativamente (en contraste con el análisis de brechas) el perfil energético de la organización. Sus objetivos son determinar los consumos de energía en las instalaciones (identificando mediante auditoría cada uno de los elementos consumidores y su comportamiento anual), construir los EnPIs, definir las variables relevantes para determinar el desempeño energético, identificar los usos de energía significativos e identificar oportunidades de mejora.

Los resultados de la revisión energética muestran que los Centros parte del alcance del SGEn son más intensivos en costos y consumo de electricidad **(67.737.571 CLP y 565.644 kWh versus 6.469.731 CLP y 109.091 kWh)**, tienen sus **consumos peak en invierno (Leng y Alessandi en julio mientras El Aguilucho en junio)** debido a una menor luz solar pero por sobre todo por una menor temperatura; lo último demostrado por el uso de energía que más consumo explica, la climatización (**50,30 % en Leng, 39,80 % en Alessandri y 33,50 % en El Aguilucho**). Otros usos de energía significativos (USEn) encontrados fueron las TICs (en los 3 centros), Calefacción de agua caliente sanitaria (en 2 centros, CESFAM Alessandri y El Aguilucho) e iluminación (1 centro, CESFAM Leng).

Debido a que los usos de enegía significativos presentan cerca del 80 % del consumo energético de un centro, las oportunidades de mejora se concentran en estas actividades organizacionales. Se presenta a continuación las oportunidades de mejora encontradas por centro y por USEn.

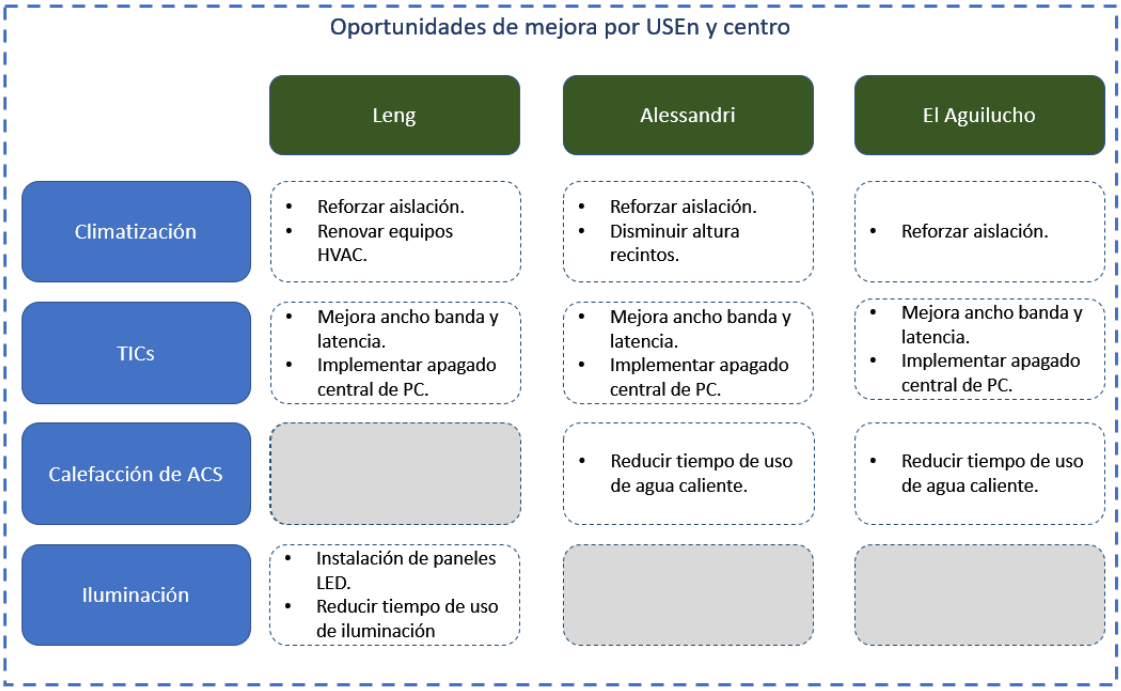

Figura 5.1: Oportunidades de mejora para cada USEn en el alcance del SGEn. Elaboración Propia.

En esta línea, la política energética levantada considera que lo que debe privilegiar Providencia, en primera instancia, es enfocarse en llevar a sus procesos conocimiento técnico sobre energía y conciencia sobre la importancia de la disminución del consumo, así como implementar nuevas tecnologías más eficientes, abarcando más allá de la iluminación (que en 2 de los CESFAM no era un uso significativo de energía). Esto explica la definición de los compromisos establecidos en la política y en los elementos (roles, actividades, capacitación y documentación) presentes en el diseño del sistema de gestión de la energía.

A nivel de diseño, los roles y responsabilidades están definidos de manera que se cubran un perfil técnico (Gestor de Energía) y un perfil funcional (Responsable de Energía) que abarcan, en conjunto al Respresentante de la Alta Dirección, el seguimiento y liderazgo en la ejecución de cada uno de los requisitos de la normativa, así como la definición e implementación de los Planes de Acción para la consecución de Objetivos y Metas energéticas. En la aplicación, es importante garantizar que las personas que usen estos roles cumplan con las habilidades requeridas, esencialmente respecto a gestión de proyectos y elementos técnicos de los USEn levantados en la revisión energética anual.

Finalmente, a la hora de evaluar el impacto en la reducción del consumo / costo de energía de planes de acción, se escogió la renovación de dispositivos HVAC en el CESFAM Leng, en línea con las oportunidades de mejora levantadas en la revisión energética; y la implementación de paneles solares en CESFAM Alessandri por solicitud de la dirección del Centro. Los factores a considerar de cada una de las evaluaciones se dividen en 2 tipos, requeridos por el método de Life Cycle Cost y propios del USEn o tecnología a afectar/implementar. En la Figura 5.2, se presentan los factores a considerar en la evaluación de los Planes de Acción escogidos.

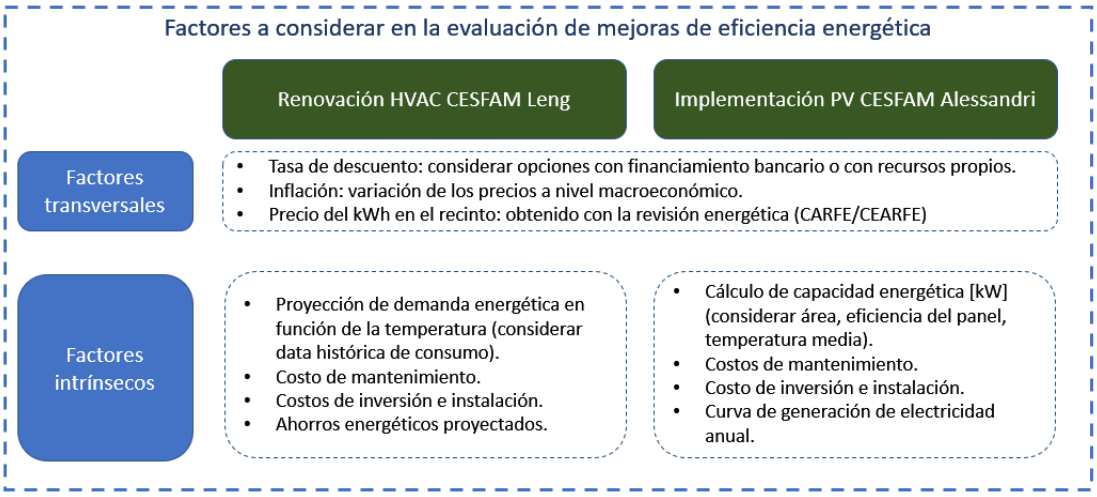

Figura 5.2: Factores a considerar para evaluación de medidas de eficiencia energética.

Respecto al cambio de equipos HVAC se obtiene **VAN = 2.126.940 CLP, TIR = 14,80 % y Payback = 5 años** y del análisis de sensibilidad se concluye que: (i) independiente de la cantidad de años de pago de deuda, el valor actual neto es positivo (aumentando hacia más años de pago) y que el VAN aumentará ante una disminución de la tasa de descuento hasta un valor (ceteris paribus) de 8 MMCLP.

En el caso de la implementación de paneles fotovoltaicos **VAN = 38.970.623 CLP, TIR = 18,08 % y Payback = 5 años** y del analisis de sensibilidad se obtiene que la inversión debe incrementarse en un 35 %, o bien, duplicarse los costos de mantenimiento para que el proyecto deje de ser rentable.

Bibliografía

Agencia de Sostenibilidad Energética (2010). *Guía para Calificación de Consultores en Eficiencia Energética*. Technical report, Agencia de Sostenibilidad Energética, Santiago. 2.2.7

Agencia de Sostenibilidad Energética (2014). ¿Qué es PEEEP? - Canal Oficial de YouTube de la Agencia de Sostenibilidad Energética. 2.1.3.2

Agencia de Sostenibilidad Energética (ex AChEE) (2010). Agencia de Sostenibilidad Energética: Misión, Visión y Valores. 2.1.2.3

ANESCO Chile (2018). ¿Qué es Eficiencia Energética? 2.2.1.1

Arias, Arnaldo González (2008). ¿Cómo definir la energía en los cursos básicos? 2(3), 275–276. 1.2

Asociación Española para la Calidad (2018). Gestión de la energía. 2.2.1.1

Barreira, César (2014). *Metodología para abordar un Proyecto de EE: «Protocolo de Medida y Verificación de Ahorros Energéticos. IPMVP»*. Technical report, FENERCOM, Madrid. 2.2.6, 2.2.6.1, 2.2.6.2, 2.2.6.3

BBC News (2016). Qué es la cuarta revolución industrial (y por qué debería preocuparnos) - BBC News Mundo. 2.1.1.1

Biblioteca del Congreso Nacional de Chile (2018). Ley 18.695. 2.1.4.1

BP (2018a). *BP Statistical Review of World Energy*. Technical report, BP. 2.1.1.2, 2.1.1.5

BP (2018b). *BP Technology Outlook 2018*. Technical report. 2.1.1.3, 2.2.1.1

Bureau of Indian Standards (2011). Energy Management Systemas - Requirements with guidance for use. 2.2.2.1, 2.2.2.5, 2.2.2.6, B

Cantabria TIC (2015). Industria 4.0 - Sistemas Ciber-Físicos - Cantabria TIC. 2.1.1.1

Clínica Santa María (2017). Enel Distribución entrega sello verde a Clínica Santa María. 2.1.3.5

CNE (2018). *Anuario Estadístico De Energía 2017*. Technical report. 2.1.2.1

Contraloría General de la República (2015). *Corporaciones Municipales*. Technical report. 2.1.4.3

de Laire, Michel; Fiallos, Yahaira; y Aguilera, Ángela (2018). *Guía de Implementación de Sistemas de Gestión de Energía basados en ISO50001*. 1.3, 2.1.4, 2.2.2.1, 2.2.2.2, 2.2.2.4, 2.2.2.5, 2.2.3, 2.2.3, 2.2.4.1, 2.2.5, 3.2.2, 3.2.4

Demarco, Rodrigo (2017). Clase 1: Introducción a la Gestión de Proyectos Energéticos. 2.1.1.3

Efficiency Valuation Organization (2010). *Protocolo Internacional de Medida y Verificación-IPMVP*, volume 1. 2.2.6.4

Energy Star (2018). ENERGY STAR Overview: About ENERGY STAR. 2.1.1.5

European Commission EU (2017). *EUROPEAN SEMESTER THEMATIC FACTSHEET: RESOURCE EFFICIENCY*. Technical report, Unión Europea. 2.1.1.5

Fondo Chile (2015). Ministerio del Medio Ambiente en Paraguay y Honduras: Certificación ambiental para gestión municipal y educacional. 1.3

Foro de la Industria Nuclear Española (2018). ¿Qué es la energía? 1.2

Gárate, María Pilar y Dall'Orso, Francisco (2015). Energía y Sustentabilidad. 2.1.1.3, 2.1.1.3

(HKEIA) The Hong Kong Electronic Industries Association (2013). Guidebook for ISO 50001: Energy Management System. 2.2.2.5

IEA (2018). International Energy Agency: About. 2.1.1.5

International Energy Agency (2016). *World Energy Outlook EXECUTIVE SUMMARY*. Technical report. 2.1.1.5, 2.1.2.1

ISO (2014). *ISO 50002*. 2.2.1.1, 2.2.4.1, 3.2.4

ISOTools (2016). ¿Qué son los sistemas de gestión integrados? 2.2.2.3

Ministerio de Energía (2018). Informe Balance Nacional de Energía 2016. *Informe*, (pp. 184). 2.1.3

Ministerio de Energía de Chile (2015). *Energía 2050: Política Energética de Chile*. Santiago. 2.1.2.3

Ministerio de Energía del Gobierno de Chile (2018). *Ruta Energética 2018-2022: Liderando la modernización con sello ciudadano*. Technical report, Ministerio de Energía, Gobierno de Chile, Santiago. 2.1.2.3, 2.1.3.1

Ministerio de Salud del Gobierno de Chile (2016). Red Asistencia de Chiloé firma Política de Gestión Medioambiental. 2.1.3.3

Ministerio de Salud del Gobierno de Chile (2018). *ORIENTACIONES PARA LA IMPLEMENTACION DEL MODELO DE ATENCION INTEGRAL DE SALUD FAMILIAR Y COMUNITARIA*. Technical report. 2.1.4.5

Ministerio del Medio Ambiente del Gobierno de Chile (2015). Sistema de Certificación Ambiental Municipal, (SCAM). 1.3

Municipalidad de Providencia (2012). Datos demográficos y económicos. 1.3

Municipalidad de Providencia (2013). Providencia. 2.1.4.2

Municipalidad de Providencia (2015). Departamento de Medio Ambiente de la Municipalidad de Providencia. 2.1.4.2

Municipalidad de Providencia (2016a). Providencia Energía: Estrategia Energética Local. 1.3

Municipalidad de Providencia (2016b). Sistema de Certificación Ambiental Municipal (SCAM). 1.3

Naciones Unidas (2018). Naciones Unidas: Cambio Climático (Sitio Web Oficial). 1.2, 2.1.1.3

Organización de las Naciones Unidas para el Desarrollo Industrial (2015). *Guía Práctica para la Implementación de un Sistema de Gestión de la Energía*. 2.2.1.1, 2.2.1.3, 2.2.2.1, 2.2.2.2, 2.2.2.5, 2.2.4.1, 2.2.4.2, 2.2.4.3, 3.3.1, 3.3.2, 3.4.1

Revista Energía (2015). Clínica Dávila es certificada como primer Hospital Verde de Chile. 2.1.3.3, 2.1.3.5

Salud sin Daño (2012). Red Global de Hospitales Verdes y Saludables. 2.1.3.3

Scheihing, Paul (2009). *Energy Management Standards (EnMS)*. Technical report. 2.2.1.2

Servicio de Salud Metropolitano Norte (2018). Atención Primaria. 2.1.4.4

Thumann, Albert y Younger, William J. (2003). *Handbook of Energy Audits: 6th edition*. 2.2.7

Unión Europea (2017). Acuerdo de París | Acción por el Clima. 2.1.1.5

Unión Europea (2018). Acción por el Clima: Consecuencias del cambio climático. 2.1.1.3

Vásquez, Alexis (2017). DISEÑO DE UN SISTEMA DE GESTIÓN DE LA ENERGÍA PARA UNA UNIVERSIDAD CHILENA BASADA EN LA NORMA ISO 50001 : 2011. (pp. 153). 1.2, 2.1.2.1, 3.2.1, 3.2.2

Zamorano Negretti, Pablo Ignacio (2014). Análisis De Brechas E Implementación De Un Sistema De Gestión Energética Basado En Iso 50.001 En Campus Universidad De Chile. (pp. 171). 2.2.1.2, 2.2.1.3, E.1.1

A | ORGANIZACIÓN

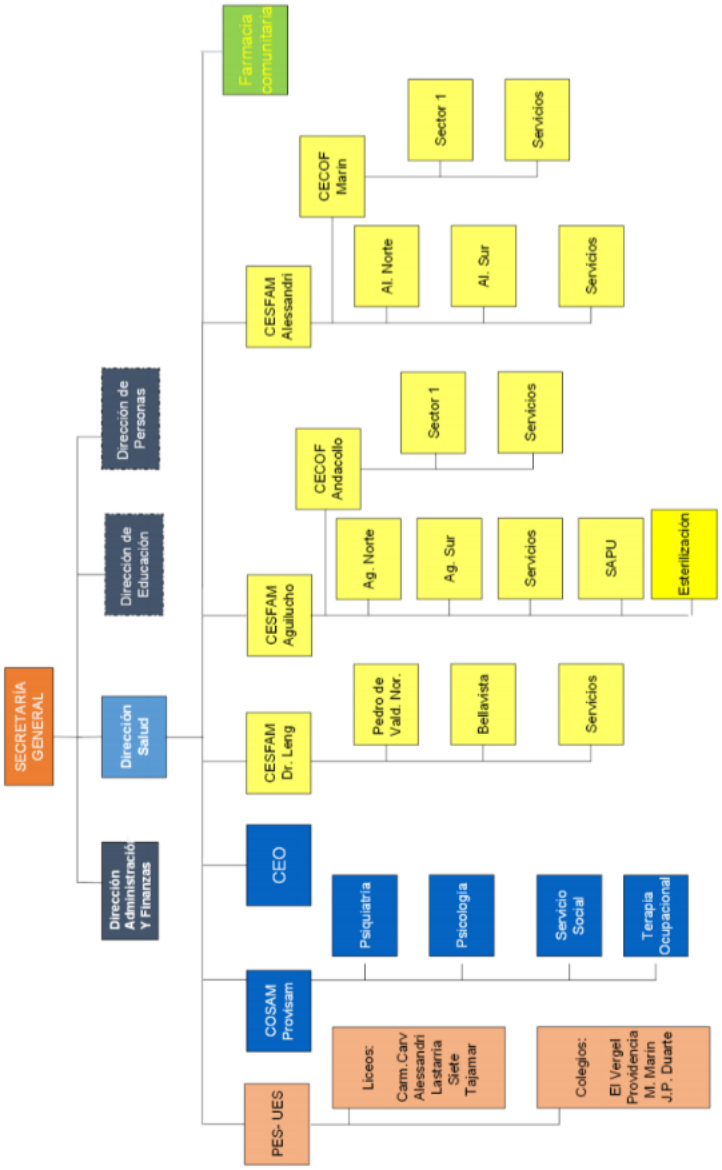

Figura A.1: Organigrama de CDS Providencia. Fuente: Transparencia Providencia.

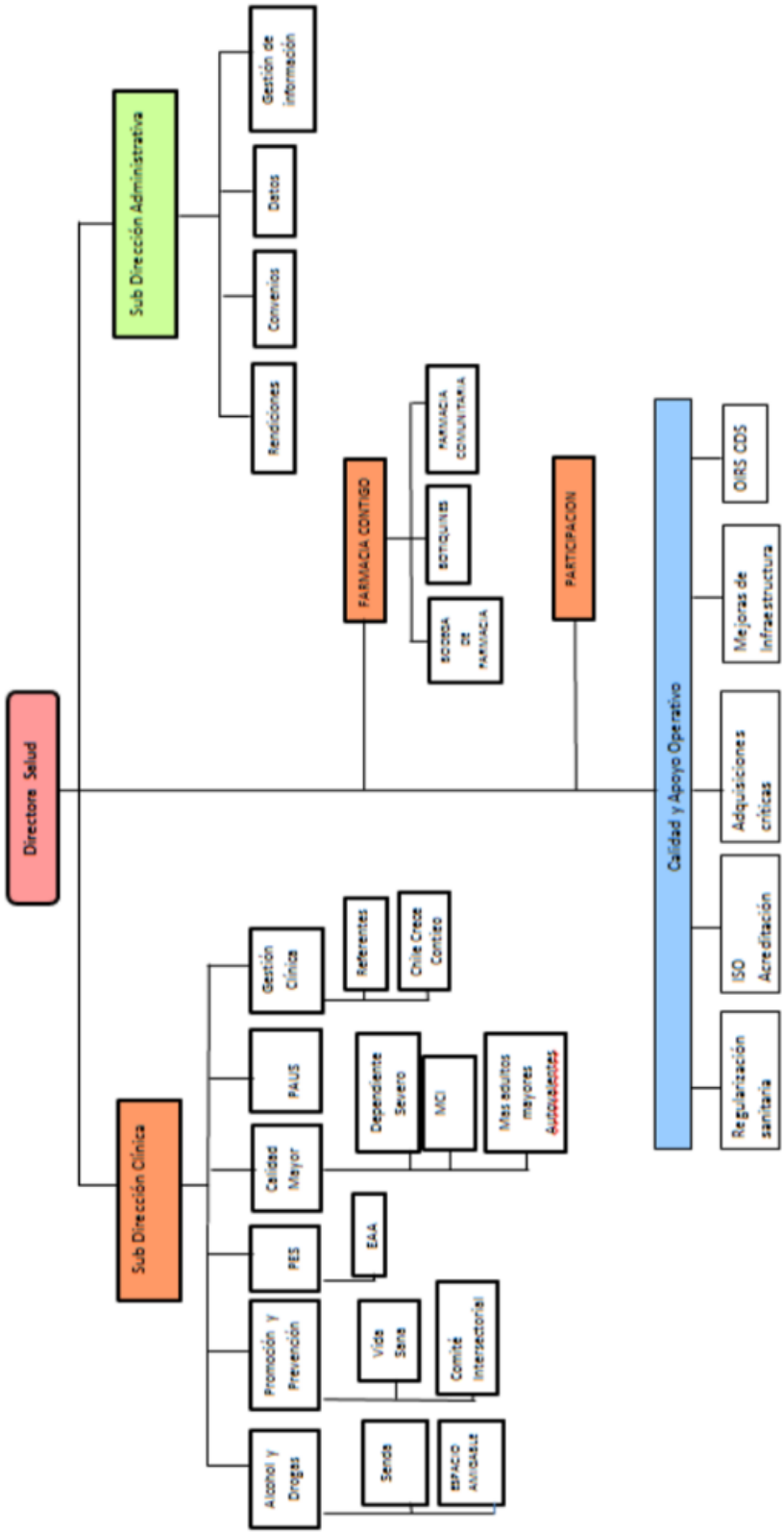

Figura A.2: Organigrama de la Dirección de salud de la Municipalidad de Providencia. Fuente: Transparencia Providencia.

B | NORMATIVA ISO 50001

En esta sección se presenta la normativa ISO 50001: 2011 Sistemas de Gestión de la Energía - Requisitos con guía para su uso.

Este extracto sólo contiene los requisitos establecidos en la norma, es decir, se transcribe la sección 4 completa (desde el punto 4 al 4.7.3). Además, este extracto proviene de la norma india (Bureau of Indian Standards, 2011), la que es idéntica a la norma ISO 50001:2011.

La traducción fue realizada por el autor de esta investigación, quién además agregó figuras y otras notas de los anexos de la normativa en las secciones que consideró que fuese necesario.

B.1. Requisitos de un Sistema de Gestión de la Energía

B.1.1. Requisitos generales

La organización debe:

a) establecer, documentar, implementar, mantener y mejorar el SGEn en concordancia con los requisitos de este estándar internacional;

b) definir y documentar el alcance y límites de su SGEn;

c) determinar cómo este alcanzará los requerimientos de esta normativa internacional, en orden a alcanzar la mejora continua de su desempeño energético y de su SGEn.

B.1.2. Responsabilidades de la alta gerencia

B.1.2.1. Alta gerencia

La alta gerencia debe demostrar su compromiso en apoyar el SGEn y continuamente mejorar su efectividada a través de:

a) definir, establecer, implementar y mantener una política energética;

b) definir un representante de la alta gerencia y aprobar la formación de un equipo de la administración en estos temas;

c) proveer los recursos (incluyendo los de tipo humano, especializado, tecnológico y financiero) necesarios para establecer, implementar, mantener y mejorar el SGEn y su desempeño energético;

d) identificar el alcance y límites son abarcados por el SGEn;

e) comunicar la importancia de la gestión de la energía a toda la organización;

f) asegurar que los objetivos energéticos y metas sean establecidas;

g) asegurar que los IDEs son apropiados por la organización;

h) considerar el desempeño energético en la planificiación de largo plazo;

i) asegurar que los resultados son medidos y reportados en intervalos determinados y;

j) conducir revisiones energéticas.

B.1.2.2. Representante de la gerencia

La alta administración debe nombrar a un representante, con habilidades y competencias apropiadas, quién, independiente de otras responsabilidades, tiene la responsabilidad y autoridad para:

a) asegurar que el SGEn sea establecido, implementado, mantenido y continuamente mejorado en concordancia con este estándar internacional;

b) identificar persona(s) autorizada(s) por un nivel apropiado dentro de la administración para trabajar con el representatne de la alta gerencia en realizar las actividades de gestión energética;

c) reportar a la alta gerencia sobre el desempeño energético;

d) reportar a la alta gerencia sobre el desempeño del SGEn;

e) asegurar que la planificación de las actividades de gestión energética sean diseñadas para apoyar la política energética;

f) definir y comunicar las responsabilidades y autoridades para facilitar una efectiva gestión de la energía;

g) determinar criterios y métodos necesarios para asegurar que la operación y control del SGEn sean efectivos;

h) concientizar sobre la política energética y sus objetivos a toda la organziación,

B.1.3. Política energética

La política energética debe establecer el compromiso por parte de la organización para alcanzar una mejora en el desempeño energético. La alta gerencia debe definir la política energética y asegurar que esta:

a) es apropiada para la naturaleza y la escala de uso y consumo organziacional;

b) incluye el compromiso con la mejora continua del desempeño energético;

c) incluye el compromiso de asegurar la disponibilidad de información y recursos necesarios para alcanzar los objeticos y metas energéticos;

d) incluye un compromiso de cumplir requisitos legales y otros a los que la organización haya suscrito en relación con el uso, consumo y eficiencia en energía;

e) provea un marco de trabajo para definir y revisar los objetivos energéticos y metas energéticas;

f) apoye la compra de productos y servicios; además del diseño eficientes, en términos de energía, para una mejora del desempeño energético;

g) sea documentada y comunicada a todos los niveles de la organización;

h) sea recurrentemente revisada y actualizada cuando sea necesario.

B.1.4. Planificación energética

B.1.4.1. Generalidades

La organización debe conducir y documentar un procesos de planificación energética. Ésta debe ser consistente con la política energética y debe incluir actividades que mejoren continuamente el desempeño energético.

La planificación debe incluir una revisión de las actividades de la organización que afecten el desempeño energético

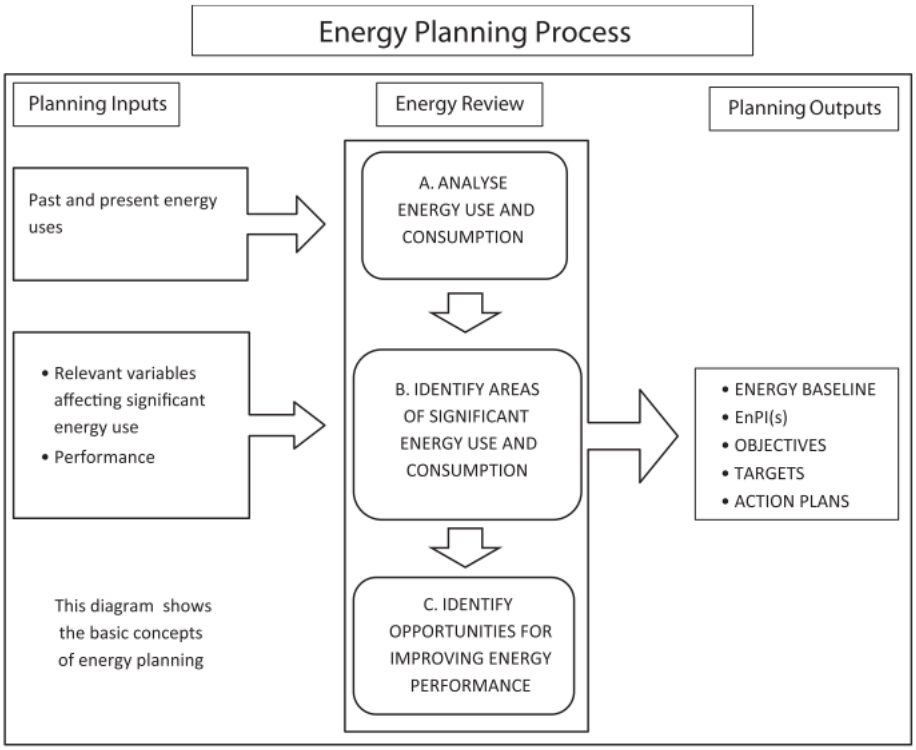

Figura B.1: Proceso de planificación energética según ISO 50001. Fuente: IS/ISO 50001:2011, norma india.

B.1.4.2. Requisitos legales y otros requisitos

La organización debe identificar, implementar y tener accieso a requisitos legales y otro tipo de requerimientos a los que la organización suscribe relacionado a los usos, consumo y eficiencia energética.

La organización debe determinar cómo estos requisitos aplican a sus usos, consumo y eficiencia en energía, y debe asegurar que estos requerimientos legales y de otro tipo a los que suscribe son considerados en establecer, implementar y mantener el SGEn.

Los requisitos legales y de otro tipo deben ser revisado en intervalos de tiempo definidos.

B.1.4.3. Revisión energética

La organización debe desarrollar, documentar y mantener una revisión energética. La metodología y criterios usados para desarrollarla deben ser documentados. Para llevar a cabo esta revisión la empresa debe:

a) analizar los usos y consumo de energía basados en mediciones u otras fuentes, como por ejemplo:
   - identificar fuentes de energía actuales en los procesos organizacionales;
   - evaluar el consumo y uso de energía pasado y presente.

b) con base en el análisis de usos y consumo de energía del apartado (a), identificar areas de uso significativo de energía, i.e.:
   - identificar instalaciones, equipos, sistemas, procesos y personal de la organización que afecten significativamente el uso y consumo energético;
   - identificar otras variables relevantes que afecten usos de energía significativos para la organización;
   - determinar el desempeño energético actual de instalaciones, equipos, sistemas y procesos relacionados a usos significativos de la energía;
   - estimar uso y consumo futuro de energía.

c) identificar, priorizar y documentar oportunidades de mejorar el desempeño energético.

La revisión energética debe ser actualizada en intervalos definidos, así como también debe ser realizada ante cambios que afecten significativamente a la organización en términos energéticos (como construcción de nuevas instalaciones, renovación masiva de equipos, sistemas o creación/implementación de nuevos procesos).

B.1.4.4. Línea base energética

La organización debe establecer una línea de base energética usando la información inicial de la revisión energética, considerando un periodo de datos adecuado al uso y consumo energético de la organización. Los cambios en el desempeño energético deben ser medidos en contraste con la línea de base.

Ajustes en la linea base debn ser realizados en caso de que ocurra alguno o varios de los siguientes eventos:

- los IDEs no reflejan el uso y consumo organizacional;
- han habido cambios masivos de los procesos, patrones organizacionales o sistemas de energía;
- El método predeterminado para administrar la línea base exige que sea revisada/modificada.

Esta línea de base debe ser mantenida y documentada.

B.1.4.5. Indicadores de desempeño energético

La organización debe identificar los IDEs apropiados para monitorear y medir su desempeño energético. La metodología mediante la cual se determinan y actualizan los IDEs debe ser documentada y constantemente revisada.

Los IDEs son revisados y comparados con la línea de base energética cuando sea apropiado.

B.1.4.6. Objetivos energéticos, metas energéticas y planes de acción de gestión de la energía

La organización debe establecer, implementar y mantener documentados los objetivos y metas energéticas para cada una de las funciones, niveles, procesos e instalaciones dentro de la organización. Los marcos temporales deben ser establecidos para el cumplimiento de los objetivos y metas.

Los objetivos y metas deben ser consistentes con la política energética. Las metas deben ser consistentes con los objetivos.

Cuando se establezcan y revisen los objetivos y metas, la organización debe tomar en cuenta los requisitos legales y de otro tipo, los usos significativos de energía y las oportunidades de mejorar el desempeño energético identificados en la revisión energética. Además, debe tomar en cuenta su contexto operacional, financiero y de negocios, así como sus opciones tecnológicas y la visión de diversos *stakeholders*.

La organización debe establecer, implementar y mantener planes de acción para alcanzar sus objetivos y metas. Estos planes de acción deben incluir:

- designación de responsabilidades;
- los medios y marco temporal mediante los objetivos individuales deben ser alcanzados;
- una declaración de los métodos mediante los cuales una mejora del desempeño energético será verificada;
- una declaración de los métodos para la verificación de resultados.

Estos planes de acción deben ser documentados y actualizados en intervalos definidos.

B.1.5. Implementación y operación

B.1.5.1. Generalidades

La organización debe usar los resultados de los planes de acción obtenidos en el proceso de planificación para la etapa de implementación y operación.

B.1.5.2. Competencia, formación y toma de conciencia

La organización debe asegurar que toda persona(s) que trabaje(n) en ella o con ella sea competente a nivel de educación, entrenamiento, habilidades o experiencia; en lo referente a los usos significativos de energía en la organización. Ésta debe identificar y atender las necesidades de entrenamiento asociadas al control de sus usos significativos de energía y la operación del SGEn.

Registros apropiados respecto a lo anterior deben ser mantenidos en el tiempo.

La organización debe asegurar que toda persona(s) que trabaje(n) en ella o con ella tenga conciencia sobre:

a) la importancia de cumplir la política energética, procedimientos y requerimientos del SGEn;
b) sus roles, responsabilidades y autoridad en alcanzar los requisitos del SGEn;
c) los beneficios de mejorar el desempeño energético;
d) el impacto, actual o potencial, respecto al uso y consumo energético, sus actividades y cómo éstas, en conjunto con su comportamiento, contribuyen al desempeño energético; además de las posibles consecuencias de abandonar ciertas conductas.

B.1.5.3. Comunicación

La organización debe comunicar internamente respecto a su desempeño energético y SGEn, de manera apropiada al tamaño de la misma.

La organización debe establecer e implementar un proceso mediante el cual toda persona(s) que trabaje(n) en ella o con ella pueda realizar comentarios o sugerir mejoras respecto del SGEn.

La organización debe decidir si comunicar al entorno sobre su política energética, SGEn y desempeño energético; aemás de documentar su decisión. Si la decisión es comunicar al exterior, la organización debe establecer e implementar un método para ello.

B.1.5.4. Documentación

Requisitos de documentación: La organización debe establecer, implementar y mantener la información, ya sea en papel, formato electrónio u otro medio, para describir los elementos centrales del SGEn y su interacción. La documentación sobre el SGEn debe incluir:

a) el alcance y límites del SGEn;

b) la política energética;

c) los objetivos, metas y planes de acción en energía;

d) los documentos, incluyendo registros, requeridos por este estándar internacional;

e) otros documentos que la organización considere necesarios.

El grado de documentación puede variar en cada organización por las siguientes razones: (i) el tamaño de la organización y el tipo de actividades; (ii) la complejidad de los procesos y las interacciones y; (iii) las competencias del personal.

Control de documentos: Los documentos requeridos por este estándar internacional y el SGEn deben ser controlados. Esto incluye documentación técnica cuando sea apropiado. La organización debe establecer, implementar y mantener procedimientos para:

a) aprobar los documentos en cuanto a su adecuación antes de su emisión;

b) revisar y actualizar los documentos cuando sea necesario y aprobarlos nuevamente;

c) asegurarse de que se identifican los cambios y el estado de revisión actual de los documentos;

d) asegurarse de que las versiones pertinentes de los documentos aplicables se encuentran disponibles en los puntos de uso;

e) asegurarse de que los documentos permanecen legibles y fácilmente identificables;

f) asegurarse de que se identifican los documentos de origen externo y se controla su distribución;

g) prevenir el uso no intencionado de documentos obsoletos, y aplicarles una identificación adecuada en el caso de que se mantengan por cualquier razón.

B.1.5.5. Control operacional

La organización debe identificar y planificar las actividades referentes a operación y mantención relacionadas a usos significativos de energía que sean consistentes con su política, objetivos, metas y planes de acción, con tal de asegurar que son llevados a cabo en condiciones específicas, mediante los siguientes:

a) establecer y definir criterios para una efectiva operación y mantención de los usos significativos de energía en dónde su ausencia implique una desviación significativa respecto de un desempeño energético efectivo;

b) operar y mantener instalaciones, procesos, sistemas y equipos, en concordancia con los criterios operacionales;

c) comunicación apropiada respecto de los controles operacionales a toda persona(s) que trabaje(n) en la organización o con ella.

Es importante considerar que cuando se planifique para responde ante contingencias, situaciones de emergencia o potenciales desastres, junto con comprar equipos, la organización debe incluir el desempeño energético a la hora de definir cómo reaccionará ante estas situaciones.

B.1.5.6. Diseño

La organización debe considerar las oportunidades de mejora del desempeño energético y el control operacional en el diseño de nuevos, modificados o renovados instalaciones, equipos, sistemas y procesos que puedan tener un impacto significativo en su desempeño energético.

Los resultados de la evaluación del desempeño energético deben ser incorporados donde sea adecuado en las especificaciones, diseño y actividades de compra de los proyectos relevantes.

Los resultados de las actividades de diseños deben ser registradas.

B.1.5.7. Adquisición de servicios de energía, productos, equipos y energía

Cuando se adquieran servicios energéticos, productor y equipos que tengan, o puedan tener, un impacto en los usos significativos de energía, la organización debe informar a sus proveedores que la compra es en parte evaluada a través del prisma del desempeño energético.

La organización debe establecer e implementar los criterios para evaluar el uso, consumo y eficiencia energética en todo el ciclo de vida cuando adquiera productos, equipos y servicios que usen energía y que se espera que tengan un impacto significativo en el desempeño energético de la organización.

La organización debe definir y documentar las especificaciones de compra energética, cuando sea aplicable, para un uso efectivo de la energía.

B.1.6. Verificación

B.1.6.1. Seguimiento, medición y análisis

La organización debe asegurar que las características clave de sus operaciones para la determinación del desempeño energético son monitoreados, medidos y analizados en intervalos planificados. La caracteristicas clave deben incluir como mínimo:

a) usos significativos de la energía y otros resultados de la revisión energética;

b) las variables relevantes relacionadas a los usos significativos de energía;

c) IDEs;

d) la efectividad de los planes de acción en alcanzar objetivos y metas;

e) evaluación del consumo actual versus el esperado.

Los resultados de monitorear y medir estas características clave deben ser registrados.

Sobre las mediciones: el rango de complejidad del sistema de mediciones pude ir desde algunos instrumentos de medición, para organizaciones pequeñas, a sistemas completos de monitoreo y medición conectados a aplicaciones computacionales capaces de consolidar los datos y entregar análisis automáticos. Es decisión de la organización determinar los medios y métodos de medición.

La organización debe definir y revisar de manera periódica sus necesidades de medición. La organización debe asegurar que el equipamiento usado en el monitoreo y medición de las características clave provea datos que son precisos y repetibles. Los registros de calibración y otros medios para establecer precisión y repetibilidad deben ser mantenidos.

La organización debe investigar y responder a otras desviaciones significativas respecto al desempeño energético.

Los resultados de estas actividades deben ser mantenidas.

B.1.6.2. Evaluación de cumplimiento con los requisitos legales y otros requisitos

En intervalos planificados, la organización deberá evaluar el cumplimiento con requerimientos legales y de otro tipo a los que la organización suscribe en relación al uso y consumo energético.

Los registros de los resultados de la evaluación de cumplimiento deben ser mantenidos.

B.1.6.3. Auditoría interna del SGEn

La organización debe comandar auditorías internas en intervalos definidos para asegurar que el SGEn:

- se adecúe a lo planeado respecto de la gestión energética, incluyendo los requisitos de este estándar internacional;
- se adecúe a los objetivos y metas energéticas establecidas;
- sea efectivamente implementado y mantenido, y que mejore el desempeño energético.

Un plan y calendarización de auditorías debe ser desarrollado tomando en consideración el estatus e importancia de los procesos y áreas a ser auditadas, así como los resultados de auditorías previas.

La selección de auditores y la conducción de las auditorías deben asegurar la objetividad e imparcialidad del proceso mismo.

Los registros de estas auditorías deben ser mantenidos y reportados a la alta administración.

B.1.6.4. No-conformidades, corrección, acción correctiva y preventiva

La organización debe enfocarse en las no-conformidades actuales y potenciales a través de la realización de correciones y tomanado acciones correctivas y preventivas, incluyendo las siguientes:

a) revisar no-conformidades y potenciales no conformidades;

b) determinar las causas de no-conformidades o potenciales no conformidades;

c) evaluar la necesidad de acciones para asegurar que las no-conformidades no ocurran o recurran;

d) determinar e implementar las acciones necesarias que sean apropiadas;

e) mantener registros de acciones correctivas y preventivas;

f) revisar la efectividad de las acciones correctivas y preventivas tomadas.

Las acciones correctivas y preventivas deben ser apropiadas a la magnitud de los problemas actuales o potenciales y de sus respectivas consecuencias en el desempeño energético.

La organización debe asegurar que todos los cambios necesarios sean ejecutados al SGEn.

B.1.6.5. Control de registros

La organización debe establecer y mantener registros, cuando sea necesario, para demostrar conformidad con los requerimientos del SGEn y de este estándar internacional; además de los resultados alcanzados en términos del desempeño energético.

La organización debe definir e implementar controles para la identificación, reparación y retención de registros.

Los registros deben ser y deben ser mantenidos de forma legible, identificable y permitan garantizar trazabilidad de la actividad relevante.

B.1.7. Revisión por la gerencia

B.1.7.1. Generalidades

En intervalos planificados, la alta dirección debe revisar el SGEn levantado, con tal de asegurar la continuidad de su pertinencia, adecuación y efectividad.

Los registros de esta revisión deben ser mantenidos.

B.1.7.2. Información de entrada para la revisión por la gerencia

La información de entrada para la revisión por la gerencia incluye:

a) acciones llevadas a cabo posterior a otras revisiones por parte de la gerencia;

b) revisión de la política energética;

c) revisión del desempeño energético e IDEs relacionados;

d) resultados de la evaluación de cumplimiento con respecto a requisitos legales y de otro tipo, además de cambios en requerimientos legales y otros requerimientos a los cuales la organización suscribe;

e) la manera en que los objetivos energéticos y metas se han alcanzado;

f) los resultados de la auditoría del SGEn;

g) el estado de las acciones correctivas y preventivas;

h) el desempeño energético proyectado para el período siguiente;

i) recomendaciones de mejora.

B.1.7.3. Resultado de la revisión por la gerencia

Los resultados de la revisión por parte de la gerencia debe incluir decisiones y acciones relacionadas con:

a) cambios en el desempeño energético de la organización;

b) cambios en la política energética;

c) cambios en los IDEs

d) cambios en los objetivos, metas u otros elementos del SGEn, consistentes con el compromiso de la organización con la mejora continua;

e) cambios en la asignación de recursos.

C | OPCIONES IPMVP

Opciones del IPMVP	¿Cómo se determina el ahorro?	Aplicaciones comunes
A. Verificación Aislada de la MMEE: medición del parámetro clave El *ahorro* se determina midiendo en la *instalación* el parámetro clave que determina el consumo de *energía* del sistema donde se ha implementado la *MMEE* y/o el éxito del proyecto. La medición se puede realizar de forma continua o puntual, en función de la variación que se espere del parámetro a medir y de la duración del *periodo demostrativo de ahorro*. Se realiza una *estimación* del parámetro que no ha sido seleccionado para ser medido en la *instalación*. La *estimación* se puede realizar con datos históricos, especificaciones del fabricante o supuestos técnicos. Sería necesario disponer de la documentación que se ha utilizado como fuentes o la justificación del parámetro que se está estimando. El error admisible obtenido al determinar el *ahorro* de *energía* por usar estimaciones en lugar de mediciones es estimado.	Calculo, por parte de la ingeniería, de la *energía de referencia* y de la *energía* del *periodo demostrativo de ahorro* a partir de: • Lecturas continuas o puntuales del parámetro clave operativo. • Valores estimados. Será necesario aplicar *Ajustes rutinarios* y *ajustes no-rutinarios* como correspondan.	Una MMEE en iluminación donde la potencia es el parámetro clave que se mide de forma periódica. Se estimarán las horas de funcionamiento de los puntos de luz según los horarios del edificio y el comportamiento de sus ocupantes.
B. Verificación aislada de la MMEE: medición de todos los parámetros El *ahorro* se determina midiendo en la *instalación* el consumo de *energía* del sistema en el que se ha implementado la *MMEE*. La medición se realiza de forma continua o puntual, en función de la variación esperada del *ahorro* y la duración del *periodo demostrativo de ahorro*.	Mediciones continuas o puntuales de la *energía* del *periodo de referencia* y de la *energía* del *periodo demostrativo de ahorro*; y/o cálculos que utilicen patrones de consumo. Será necesario aplicar *ajustes rutinarios* y *ajustes no-rutinarios* como correspondan.	*Instalación* de un variador de frecuencia en un motor para regular el caudal de la bomba. Medir la potencia (kW) con un equipo de medida instalado en el propio motor que toma la lectura de la potencia cada minuto. En el *periodo de referencia* se instala el equipo de medida durante una semana para verificar la carga de trabajo del motor. El equipo de medida sigue instalado durante el *periodo demostrativo de ahorro* para hacer un seguimiento de la variación de la potencia de la bomba.

Figura C.1: Opción de M&V A y B IMPVP. Fuente: IPMVP

Opciones del IPMVP	¿Cómo se determina el ahorro?	Aplicaciones comunes
C. Verificación de toda la Instalación El *ahorro* se determina midiendo el consumo de *energía* de toda la *instalación*, o de una parte de ella. La medición de todo el consumo de *energía* de la *instalación* se realiza de forma continua durante el *periodo demostrativo de ahorro*.	Análisis de toda la información de los equipos de medida de la empresa de suministro durante todo el *periodo de referencia* y todo el *periodo demostrativo de ahorro*. *Ajustes rutinarios* según sean necesarios utilizando comparaciones simples y *análisis de regresión*. Serán necesarios aplicar *Ajustes no-rutinarios* según sean convenientes.	Proyectos de eficiencia en los que las *MMEE* implementadas afecten a varios equipos de la *instalación*. Medición del consumo con equipos de medida de *energía* eléctrica, de combustibles y agua durante un *periodo de referencia* de doce meses y durante el *periodo demostrativo de ahorro*.
D. Simulación Calibrada El *ahorro* se determina simulando el consumo de *energía* de toda la *instalación*, o de una parte de ella. La simulación tiene que ser capaz de modelar el rendimiento energético actual de la *instalación*. Esta opción suele requerir habilidades especiales para realizar simulaciones calibradas.	La simulación del consumo de *energía* calibrado con la información de las facturas de suministro, horarias o mensuales. (La lectura del consumo en un equipo puede servir para mejorar los datos de entrada.)	Proyectos de eficiencia donde las *MMEE* implementadas afecten a varios equipos de la *instalación* y no existen equipos de medida en el *periodo de referencia*. Después de la *instalación* de los equipos de medida de *energía* eléctrica y de combustibles se utilizan sus lecturas para calibrar la simulación. El consumo de *energía de referencia*, que se ha determinado con la simulación calibrada, es comparado con la simulación del consumo de la *energía* durante el *periodo demostrativo de ahorro*.

Figura C.2: Opción de M&V C y D IMPVP. Fuente: IPMVP

D | ANÁLISIS DE BRECHAS

A continuación, se presenta el análisis de brechas para evaluar el cumplimiento de la nomativa ISO 50001 de los CESFAM dentro del alcance del SGEn.

Los puntajes de cada uno de los ítemes fueron definidos con base en el trabajo de **Vasquez, 2017**.

Requisito General	Subrrequisitos	Pregunta	Puntaje máximo pregunta
4.1. Requerimientos Generales	Requerimientos Generales	¿La organización ha definido un Sistema de Gestión acorde a la norma ISO 50.001?	40,00
4.1. Requerimientos Generales	Requerimientos Generales	¿La organización ha definido el alcance del Sistema de Gestión Energética con respecto a los límites físicos del sitio y los límites de la organización, y a su vez también ha considerado el alcance de las actividades de la organización, instalaciones y las decisiones que pueden incluir varios límites?	15,00
4.2. Responsabilidades de Administración	Representante SGE	¿La organización ha definido un representante que gestione o administre el recurso energético, definiendo sus roles, responsabilidades y autoridad?	15,00
4.2. Responsabilidades de Administración	Roles, responsabilidades y autoridad	¿Existen recursos especializados, humanos, financieros y tecnológicos necesarios para un sistema de gestión de la energía entregado por la gerencia?	40,00
4.3. Política Energética	Política Energética	¿La gerencia ha definido y escrito una política energética, la cual incluya un compromiso de mejoramiento continuo en eficiencia energética?	8,33
4.3. Política Energética	Política Energética	¿La política muestra un compromiso para lograr los objetivos de un sistema de gestión de la energía y que a su vez reduzca el impacto ambiental?	8,33
4.3. Política Energética	Política Energética	¿La política es aplicable tanto para personal interno como externo a la organización?	8,33
4.3. Política Energética	Política Energética	¿Proporciona un Marco para revisar y establecer objetivos?	8,33
4.3. Política Energética	Política Energética	¿Se documenta y se comunica a través de toda la organización?	8,33
4.3. Política Energética	Política Energética	¿Se revisa y actualiza Periódicamente?	8,33
4.4. Planificación	Linea Base	¿Se ha recopilado información pasada y actual sobre el consumo energético dentro de los procesos y subprocesos más relevantes de cada área?	2,22
4.4. Planificación	Linea Base	¿Ha comprobado la siguiente información para todos los recursos de entrada?Electricidad?	2,22
4.4. Planificación	Linea Base	¿Ha comprobado la siguiente información para todos los recursos de entrada?Gas?	2,22
4.4. Planificación	Linea Base	¿Ha comprobado la siguiente información para todos los recursos de entrada?Calefacción?	2,22
4.4. Planificación	Linea Base	¿Ha comprobado la siguiente información para todos los recursos de entrada?Bencina ?	2,22
4.4. Planificación	Linea Base	¿Ha comprobado la siguiente información para todos los recursos de entrada?Petróleo?	2,22
4.4. Planificación	Linea Base	¿Ha comprobado la siguiente información para todos los recursos de entrada?Otros, cuáles?	2,22
4.4. Planificación	Linea Base	¿Ha efectuado un análisis ilustrando los cambios significativos en el consumo de energía según los datos?	2,22
4.4. Planificación	Linea Base	¿La organización ha desarrollado proyecciones sobre su consumo energético para los próximos años?	2,22
4.4. Planificación	Revisión	¿Ha identificado procesos u operaciones cuya optimización podría desencadenar un cambio significativo en el consumo energético en la organización?	2,73
4.4. Planificación	Revisión	¿Ha identificado oportunidades para mejorar la eficiencia energética, tanto en reducción o consumo de energía en:Ventiladores y aire acondicionado?	2,73
4.4. Planificación	Revisión	¿Ha identificado oportunidades para mejorar la eficiencia energética, tanto en reducción o consumo de energía en:Iluminación?	2,73

Figura D.1: Análisis de brechas respecto a la norma ISO 50001 (1/7). Fuente: Elaboración Propia.

Requisito General	Subrrequisitos	Pregunta	Puntaje máximo pregunta
4.4. Planificación	Revisión	¿Ha identificado oportunidades para mejorar la eficiencia energética, tanto en reducción o consumo de energía en:Calefacción?	2,73
4.4. Planificación	Revisión	¿Ha identificado oportunidades para mejorar la eficiencia energética, tanto en reducción o consumo de energía en:Accionamientos Eléctricos?	2,73
4.4. Planificación	Revisión	¿Ha identificado oportunidades para mejorar la eficiencia energética, tanto en reducción o consumo de energía en:Tecnologías de Información?	2,73
4.4. Planificación	Revisión	¿Ha identificado oportunidades para mejorar la eficiencia energética, tanto en reducción o consumo de energía en:Otros, Cuáles?	2,73
4.4. Planificación	Revisión	¿Existe una identificación y registro sobre ahorros potenciales en energía?	2,73
4.4. Planificación	Revisión	¿Las potenciales energías de ahorro son revisadas y predefinidas en posibles intervalos?	2,73
4.4. Planificación	Revisión	¿Los problemas energéticos significativos son prioridad para un análisis posterior?	2,73
4.4. Planificación	Revisión	¿Las emisiones de carbón son identificadas y calculadas?	2,73
4.4. Planificación	Aspectos Legales	¿Existe un procedimiento que identifique las obligaciones legales y requerimientos relacionados con el uso y consumo de energía en las áreas correspondientes?	5,00
4.4. Planificación	Aspectos Legales	¿La organización determina cómo éstos requerimientos legales son aplicados, llevándolos en el orden de establecer, implementar y mantenerlos en un sistema de gestión de la energía?	5,00
4.4. Planificación	Objetivos, metas y plan de acción	¿La organización ha definido un objetivo relacionado con el consumo de energía, respecto a la eficiencia?	25,00
4.4. Planificación	Indicadores	¿Existen específicamente metas he indicadores medibles para los usos de las energías?	20,00
4.4. Planificación	Objetivos, metas y plan de acción	¿La organización ha definido planes de acción para lograr dichos objetivos y metas?	25,00
4.4. Planificación	Objetivos, metas y plan de acción	¿La organización a documentado planes de acción, responsabilidades, tiempos y alcances para lograr los objetivos y metas?	25,00
4.5. Implementación y operación	Competencias, capacitación y conciencia	¿El representante de la jefatura de Energía de la organización es apropiado, competente y calificado?	4,00
4.5. Implementación y operación	Competencias, capacitación y conciencia	¿Son identificadas las necesidades en capacitación del personal para actividades que tengan efectos en la eficiencia energética?	4,00
4.5. Implementación y operación	Competencias, capacitación y conciencia	¿Las capacitaciones en gestión de la energía son incluidas en el programa general de capacitación de la organización?	4,00
4.5. Implementación y operación	Competencias, capacitación y conciencia	¿Existe algún tipo de capacitación o información entregada a los trabajadores y alumnos con el propósito de que tengan conciencia sobre la gestión de energía en la organización?	4,00
4.5. Implementación y operación	Competencias, capacitación y conciencia	¿Existe algún tipo de realización de eventos que promocionen la conciencia en los integrantes de la organización sobre el uso y consumo de la energía, como también cuidados con el medioambiente? (quizá, días de energía, propaganda, etc.).	4,00
4.5. Implementación y operación	Documentación	¿El sistema de documentación de la energía se encuentra estructurado según estándares de un Sistema de gestión de la energía? (Ej.: política, alcances, objetivos, planes, etc.)	20,00

Figura D.2: Análisis de brechas respecto a la norma ISO 50001 (2/7). Fuente: Elaboración Propia.

Requisito General	Subrrequisitos	Pregunta	Puntaje máximo pregunta
4.5. Implementación y operación	Documentación	¿El sistema de documentación de la energía se encuentra estructurado según estándares de un Sistema de gestión de la energía? (Ej.: política, alcances, objetivos, planes, etc.)	20,00
4.5. Implementación y operación	Documentación	¿Se encuentran identificados los elementos principales de un sistema de gestión de la energía? (Ej. Planes de uso, desarrollo de procesos, energía relacionada).	20,00
4.5. Implementación y operación	Documentación	¿Existe algún tipo de documentación relacionada con la energía, integrada en el sistema de gestión de la organización? (Ej.: Conceptos de ahorro energético, Guías, estándar, procedimientos, etc.).	20,00
4.5. Implementación y operación	Control operacional	¿Existen pautas, guías o checklist con conceptos básicos y análisis de los altos consumos de energía en el orden de identificar potenciales ahorros y optimización de procesos, en el uso y campo de:Sistemas de aire comprimido?	2,27
4.5. Implementación y operación	Control operacional	¿Existen pautas, guías o checklist con conceptos básicos y análisis de los altos consumos de energía en el orden de identificar potenciales ahorros y optimización de procesos, en el uso y campo de:Climatización?	2,27
4.5. Implementación y operación	Control operacional	¿Existen pautas, guías o checklist con conceptos básicos y análisis de los altos consumos de energía en el orden de identificar potenciales ahorros y optimización de procesos, en el uso y campo de:Iluminación?	2,27
4.5. Implementación y operación	Control operacional	¿Existen pautas, guías o checklist con conceptos básicos y análisis de los altos consumos de energía en el orden de identificar potenciales ahorros y optimización de procesos, en el uso y campo de:Equipos?	2,27
4.5. Implementación y operación	Control operacional	¿Existen pautas, guías o checklist con conceptos básicos y análisis de los altos consumos de energía en el orden de identificar potenciales ahorros y optimización de procesos, en el uso y campo de:Otros, cuáles ?	2,27
4.5. Implementación y operación	Control operacional	¿Las reglas sobre el mejoramiento en eficiencia energética cubren las necesidades del mantenimiento de los equipos?	2,27
4.5. Implementación y operación	Control operacional	¿En el uso de los equipos se incluyen reglas para mejorar la eficiencia energética de estos, incluyendo puestas en marcha y detenciones?	2,27
4.5. Implementación y operación	Control operacional	¿Las reglas sobre el mejoramiento en eficiencia energética cubren los trabajos dentro del edificio y las modificaciones de los equipos?	2,27
4.5. Implementación y operación	Control operacional	¿La organización utiliza un plan de monitoreo y medición de todos los consumos significativos de energía y sus factores?	2,27
4.5. Implementación y operación	Control operacional	¿Existe alguna evaluación sobre la eficiencia energética en la actividades relacionadas?	2,27
4.5. Implementación y operación	Control operacional	¿Existe una tendencia a monitorear la energía en general?	2,27
4.5. Implementación y operación	Comunicación	¿La organización comunica la política, metas, acciones y resultados referidos a la eficiencia energética?	7,50
4.5. Implementación y operación	Comunicación	¿Existe un procedimiento de Gestión que comunique sobre los problemas energéticos presentes, tanto dentro como fuera de la organización?	7,50

Figura D.3: Análisis de brechas respecto a la norma ISO 50001 (3/7). Fuente: Elaboración Propia.

Requisito General	Subrrequisitos	Pregunta	Puntaje máximo pregunta
4.5. Implementación y operación	Diseño	¿Se ha tenido en cuenta el rendimiento energético en el diseño de instalaciones, equipos, sistemas y nuevos procesos que puedan tener un impacto significativo en el rendimiento energético?	2,50
4.5. Implementación y operación	Diseño	¿Son considerados los resultados de la evaluación de desempeño energético en la especificación, diseño y adquisición de los anteriores proyectos?	2,50
4.5. Implementación y operación	Diseño	¿Existe algún procedimiento y/o pauta que considere la eficiencia energética cuando se diseña o modifica un área dentro de la línea de servicio?	2,50
4.5. Implementación y operación	Diseño	¿Existe algún procedimiento y/o pauta que considere la eficiencia energética cuando se diseña o modifica un nuevo producto o servicio?	2,50
4.5. Implementación y operación	Diseño	¿El diseño de FMEA (sistema de análisis de modo de falla) toma relación con los aspectos energéticos en la organización?	2,50
4.5. Implementación y operación	Diseño	¿Se ha generado un registro de las actividades de diseño?	2,50
4.5. Implementación y operación	Adquisiciones	¿Existe alguna norma, procedimiento o instructivo que considera la eficiencia energética cuando se realiza una evaluación de una adquisición?	2,14
4.5. Implementación y operación	Adquisiciones	¿Existe alguna norma, procedimiento o instructivo que considera la eficiencia energética cuando se realiza una adquisición de un nuevo equipo?	2,14
4.5. Implementación y operación	Adquisiciones	¿Existe alguna norma, procedimiento o instructivo que considera la eficiencia energética cuando se realiza una adquisición de un servicio?	2,14
4.5. Implementación y operación	Adquisiciones	¿Existe alguna norma, procedimiento o instructivo que considera la eficiencia energética cuando se realiza una adquisición de un producto?	2,14
4.5. Implementación y operación	Adquisiciones	¿Existe una evaluación de la energía en uso cuando se efectúa una adquisición de un nuevo equipo o producto?	2,14
4.5. Implementación y operación	Adquisiciones	¿Existe algún procedimiento para guiar la adquisición de la energía?	2,14
4.5. Implementación y operación	Adquisiciones	¿Existe un monitoreo de los precios de la energía?	2,14
4.6. Comprobación del desempeño	Monitoreo, medición y análisis	¿En la organización tienen equipos apropiados para medir el consumo de energía en:Ventiladores y aire acondicionado?	1,92
4.6. Comprobación del desempeño	Monitoreo, medición y análisis	¿En la organización tienen equipos apropiados para medir el consumo de energía en:Iluminación?	1,92
4.6. Comprobación del desempeño	Monitoreo, medición y análisis	¿En la organización tienen equipos apropiados para medir el consumo de energía en:Calefacción?	1,92
4.6. Comprobación del desempeño	Monitoreo, medición y análisis	¿En la organización tienen equipos apropiados para medir el consumo de energía en:Accionamiento Eléctricos?	1,92
4.6. Comprobación del desempeño	Monitoreo, medición y análisis	¿En la organización tienen equipos apropiados para medir el consumo de energía en:TI?	1,92
4.6. Comprobación del desempeño	Monitoreo, medición y análisis	¿En la organización tienen equipos apropiados para medir el consumo de energía en:Otros, cuáles ?	1,92
4.6. Comprobación del desempeño	Monitoreo, medición y análisis	¿El sistema de monitoreo y medición resulta apropiado para facilitar un análisis detallado del consumo de energía, variaciones en el tiempo, logro de las metas, etc.?	1,92

Figura D.4: Análisis de brechas respecto a la norma ISO 50001 (4/7). Fuente: Elaboración Propia.

Requisito General	Subrrequisitos	Pregunta	Puntaje máximo pregunta
4.6. Comprobación del desempeño	Monitoreo, medición y análisis	¿Las herramientas de medición son calibradas periódicamente?	1,92
4.6. Comprobación del desempeño	Monitoreo, medición y análisis	¿Existe un registro sobre las calibraciones pasadas en los equipos de medición?	1,92
4.6. Comprobación del desempeño	Monitoreo, medición y análisis	¿Los resultados de las mediciones y tendencias de consumo energético son revisadas en intervalos de tiempo regulares?	1,92
4.6. Comprobación del desempeño	Monitoreo, medición y análisis	¿Los consumos de energía significativos, referidos a equipos o áreas críticas, son medidos y monitoreados de forma separada?	1,92
4.6. Comprobación del desempeño	Monitoreo, medición y análisis	¿En relación a algún registro de consumo de energía que presente alguna desviación significante, existe algún análisis de sus causas y sus medidas correctivas respectivamente?	1,92
4.6. Comprobación del desempeño	Monitoreo, medición y análisis	¿Existe algún tipo de Benchmarking con compañías similares en relación a los niveles de consumo y prácticas energéticas?	1,92
4.6. Comprobación del desempeño	Evaluación legal y conformidad	¿Existe un procedimiento de evaluación de conformidad con el sistema de gestión de la energía con obligaciones legales y otros requerimientos relacionados con los consumos energéticos significativos?	5,00
4.6. Comprobación del desempeño	Evaluación legal y conformidad	¿Esta evaluación es realizada periódicamente?	5,00
4.6. Comprobación del desempeño	Evaluación legal y conformidad	¿Existen registros de los resultados de éstas evaluaciones?	5,00
4.6. Comprobación del desempeño	Auditoría legal y conformidad	¿Existen auditorías internas realizadas en forma periódica las cuáles lleven a cabo un análisis sobre la implementación y efectividad del sistema de gestión de la energía?	5,00
4.6. Comprobación del desempeño	Auditoría legal y conformidad	¿El plan toma en consideración las significancias de los problemas energéticos?	5,00
4.6. Comprobación del desempeño	Auditoría legal y conformidad	¿Los resultados son registrados y comunicados?	5,00
4.6. Comprobación del desempeño	Auditoría legal y conformidad	¿Las realizaciones de las auditorías son imparciales y efectuadas por profesionales calificados?	5,00
4.6. Comprobación del desempeño	No conformidades	¿Existe un procedimiento que defina responsabilidades y autoridad en el orden de gestionar y analizar las no-conformidades?	6,67
4.6. Comprobación del desempeño	No conformidades	¿Existe un procedimiento que identifique las no-conformidades del sistema de gestión de la energía y sus causas?	6,67
4.6. Comprobación del desempeño	No conformidades	¿Los cambios ocurridos en la organización son resultados en algún grado de las acciones correctivas/preventivas registradas?	6,67
4.6. Comprobación del desempeño	Registro de control	¿Los registros relacionados a la energía (mediciones, facturas, etc.) son integrados en el sistema de gestión de documentación de la organización?	10,00
4.6. Comprobación del desempeño	Registro de control	¿Los registros son legibles, identificables y relevantes en función de las áreas analizadas?	10,00
4.7. Revisión de la alta gerencia sobre SGE	Revisión de la alta gerencia sobre SGE	¿La jefatura ha definido una revisión periódica de todos los elementos de un sistema de gestión de la energía?	17,50
4.7. Revisión de la alta gerencia sobre SGE	Revisión de la alta gerencia sobre SGE	¿Las acciones tomadas en las revisiones son registradas?	17,50

Figura D.5: Análisis de brechas respecto a la norma ISO 50001 (5/7). Fuente: Elaboración Propia.

Requerimientos	Puntaje Máximo
Requerimientos Generales	**55**
Responsabilidades de Administración	**55**
Representante SGE	15
Roles, responsabilidades y autoridad	40
Política Energética	**50**
Planificación	**155**
Linea Base	20
Revisión	30
Objetivos, metas y plan de acción	75
Indicadores	20
Aspectos Legales	10

Figura D.6: Análisis de brechas respecto a la norma ISO 50001 (6/7). Fuente: Elaboración Propia.

Requerimientos	Puntaje Máximo
Implementación y Operación	**150**
Competencias, capacitación y conciencia	20
Documentación	60
Control operacional	25
Comunicación	15
Diseño	15
Adquisiciones	15
Comprobación del desempeño	**100**
Monitoreo, medición y análisis	25
Evaluación legal y conformidad	15
Auditoría legal y conformidad	20
No conformidades	20
Registro de control	20
Revisión de la alta gerencia sobre SGE	**35**
Total	**600**

Figura D.7: Análisis de brechas respecto a la norma ISO 50001 (7/7). Fuente: Elaboración Propia.

E | PROYECCIÓN DEL CONSUMO

E.1. Modelo de regresión lineal

E.1.1. Presentación del modelo

Tal como se establece en Zamorano Negretti (2014), es posible proyectar el consumo energético mediante un modelo de regresión lineal en los grados día, si es que se concluye que la temperatura es una **variable relevante** sobre el consumo de los diferentes USEn de la organización (el cuál es el caso de los centros de salud en Providencia).

El modelo de regresión lineal propuesto para proyectar el consumo de energía consiste en:

$$\widehat{E_t} = \widehat{\beta_0} + \widehat{\beta_C} \cdot GDC_t + \widehat{\beta_E} \cdot GDE_t \tag{E.1}$$

Donde:

- $\hat{E}_t$: Energía estimada para el período t.
- GDC_t: Grados día mensual de calefacción para el período t.
- GDE_t: Grados día mensual de enfriamiento para el período t.
- $\widehat{\beta_i}\ \forall i \in \{0, C, E\}$: son coeficientes lineales estimados para las variables.

La definición de grados día mensual consiste en la diferencia entre la temperatura promedio mensual y una temperatura de confort. Si la temperatura media mensual es mayor a la temperatura de confort, entonces se estará hablando de **grados día de enfriamiento**, en caso contrario, **de calefacción**.

Matemáticamente:

$$GDC_t = 30 \times \text{máx}\{\overline{T}_t - T_{conf}, 0\} \tag{E.2}$$

$$GDE_t = 30 \times \text{máx}\{T_{conf} - \overline{T}_t, 0\} \tag{E.3}$$

La temperatura de confort definida para este trabajo de investigación es de 18 grados Celsius, según lo levantado en las entrevistas con los empleados de los recintos.

E.1.2. Determinación de estimadores

La estimación de los coeficientes lineales que acompañan a las variables de la regresión se realiza resolviendo el siguiente problema de optimización.

Sea E_t la energía consumida, entonces suponer que:

$$E_t = \beta_0 + \beta_C GDC_t + \beta_E GDE_t + \epsilon_t \tag{E.4}$$

Donde GDC_t y GDE_t son como en la ecuación E.1 (en adelante llamados X_{jt} $\forall j \in \{GDC, GDE\}$), los coeficientes lineales β_i $\forall i \in \{0, C, E\}$ son coeficientes poblacionales y ϵ_t es el componente aleatorio para cada período t.

Para obtener estimadores de los coeficientes β_0, β_E y β_C se debe resolver

$$\widehat{\beta} = arg \min_{\beta \in \mathbb{R}} \mathbb{E}\left[\left(E_t - \mathbf{X}^T\beta\right)^2\right] \tag{E.5}$$

$$s.a. \qquad \beta_i \geq 0 \ \forall i \in \{0, E, C\}$$

E.1.3. Herramientas e implementación

Para este trabajo de investigación, se utiliza el complemento SOLVER.XLAM de la herramienta Microsoft Excel con tal de ajustar, en un horizonte temporal correspondiente al tomado en la construcción de la línea base energética, el modelo de regresión lineal sobre la facturación de la energía E_t.

E.2. Recambio de Equipos de Aire Acondicionado en CESFAM Leng

E.2.1. Determinación de consumo de equipos HVAC

Antes que todo, debe calcularse el consumo total de los equipos de aire acondicionado del centro de salud.

Para realizar esto, se toman los resultados de la auditoría energética (específicamente, del inventario de consumo) para obtener el porcentaje de la facturación eléctrica que corresponde a equipos de aire acondicionado (llamados también HVAC).

Los parámetros encontrados fueron los siguientes.

Parámetros	Valor
Energía auditada electricidad año base [kWh]	63.776
Energia auditada Splits eléctricos año base [kWh]	16.464
Porcentaje de energía eléctrica atribuible a Splits	26%

Figura E.1: Parámetros para la proyección de demanda en equipos HVAC

El consumo energético mensual, obtenido para la generación de la línea base energética del centro, fue la siguiente:

Período de Lectura	Electricidad [CLP/mes]	Gas [CLP/mes]	Consumo electricidad [kWh]	$/kWh
enero	648.241	25.806	5200	125
febrero	549.743	25.334	4120	133
marzo	527.886	32.341	4080	129
abril	438.356	89.471	3400	129
mayo	608.874	349.906	5200	117
junio	611.942	482.042	5240	117
julio	684.323	418.474	5680	120
agosto	639.621	384.660	5400	118
septiembre	591.830	260.861	4480	132
octubre	707.529	181.740	3720	190
noviembre	699.794	40.649	3640	192
diciembre	772.265	61.671	4480	172

Figura E.2: Consumo energético del CESFAM Leng y otros parámetros para la evaluación

Se define el consumo atribuibe a aire acondicionado para el mes t (E_t) como:

$$E_t = Ft \times \varphi \tag{E.6}$$

Donde F_t es la factura elétrica del CESFAM Leng para el mes t y φ es el Porcentaje de energía eléctrica atribuible a splits, presentes en la figura E.1.

Con base en lo anterior, se obtiene E_t para el año base.

t	E_t
enero	1342
febrero	1064
marzo	1053
abril	878
mayo	1342
junio	1353
julio	1466
agosto	1394
septiembre	1157
octubre	960
noviembre	940
diciembre	1157

Figura E.3: Consumo energético atribuible a sistemas de aire acondicionado para el CESFAM Leng.

Aplicando un modelo de regresión lineal, es posible obtener una ecuación para proyectar el consumo, dependiente de los grados día históricos de la zona de Santiago.

B_C	5,17
B_E	1,88
B_0	872,52
MSE	8976
T_conf	18

Figura E.4: Estimadores obtenidos y parámetros de optimización de la regresión lineal sobre el consumo energético E_t.

t	E_t	E_t(hat)	GDE_t	GDC_t	MSE_t	Temperatura media
enero	1342	1307	84	0	1256	20,8
febrero	1064	1152	54	0	7664	19,8
marzo	1053	884	0	6	28620	17,8
abril	878	1053	0	96	30789	14,8
mayo	1342	1234	0	192	11573	11,6
junio	1353	1393	0	276	1580	8,8
julio	1466	1404	0	282	3836	8,6
agosto	1394	1342	0	249	2718	9,7
septiembre	1157	1223	0	186	4371	11,8
octubre	960	1076	0	108	13476	14,4
noviembre	940	918	0	24	495	17,2
diciembre	1157	1121	48	0	1329	19,6

Figura E.5: Resultados regresión lineal sobre el consumo energético E_t.

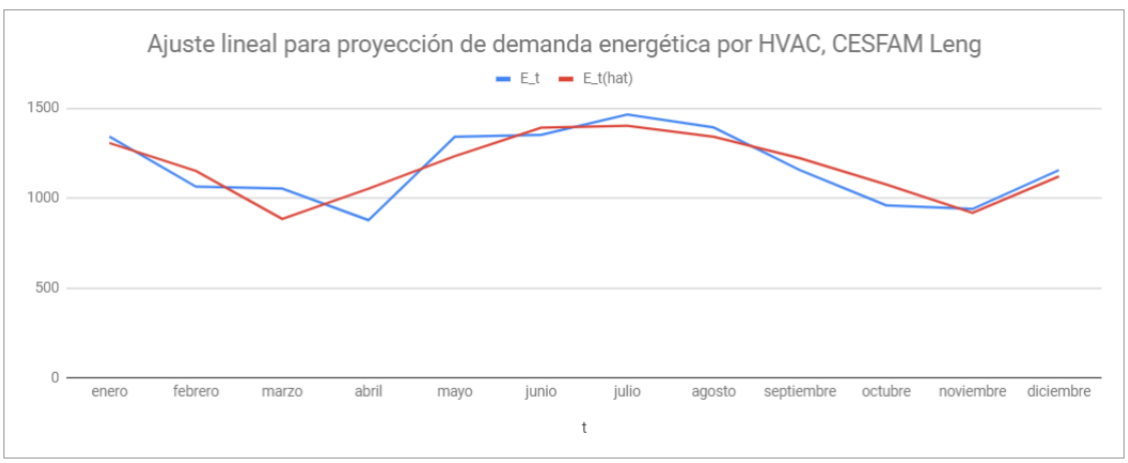

Figura E.6: Resultado de regresión lineal sobre el consumo energético E_t, en el horizonte temporal del año base. $E_t(hat)$ consiste en su estimación.

En forma funcional, se obtiene que:

$$\widehat{E_t} = 872{,}52 + 5{,}17 \cdot GDC_t + 1{,}88 \cdot GDE_t \; [kWh] \tag{E.7}$$

F | CAPACIDAD Y CONSUMO FOTOVOLTAICO

En este capítulo de los anexos se muestran los supuestos y paso a paso de generación de resultados respecto a la capacidad, en términos de potencia, y consumo energétic calculado con la finalidad de evaluar a nivel de perfil el plan de acción *instalación de paneles fotovoltaicos en el CESFAM Alessandri*.

La herramienta utilizada para obtener la capacidad fotovoltaica fue el Explorador Solar del Ministerio de Energía de Chile (http://www.minenergia.cl/exploradorsolar/).

F.1. Explorador Solar del Ministerio de Energía

El Explorador Solar del Ministerio de Energía de Chile consiste en una solución desarrollada por el Ministerio de Energía, la Sociedad Alemana para la Cooperación Internacional (GIZ) y el Departamento de Geofísica de la Universidad de Chile, que tiene por finalidad permitir a quien desee descubrir el potencial solar de Chile.

La herramienta permite obtener la capacidad estimada de una planta fotovoltaica en kW, así como el ahorro proyectado en consumo mes a mes para una locación y área específicos.

F.2. Paneles fotovoltaicos en CESFAM Alessandri

Haciendo uso del Explorador Solar, para encontrar la capacidad fotovoltaica factible para instalar, es necesario posicionarse en el mapa en la locación del CESFAM.

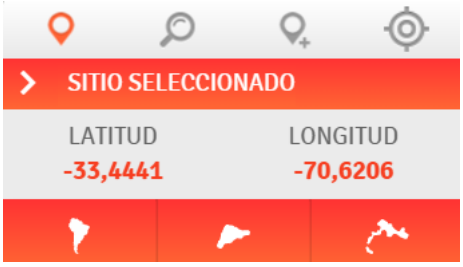

Figura F.1: Coordenadas del CESFAM Alessandri. *Fuente: Explorador Solar, Ministerio de Energía de Chile.*

Luego, en la ventana emergente que aparecerá al lado izquierdo de la pantalla, se debe escoger el modelo a utilizar. Para establecer esta evaluación de perfil se utilizó el *Modelo Básico*. El *Modelo Básico*

permite calcular la capacidad fotovoltaica a través de un cálculo estándar sin adentrar en las características físicas y de dominio específico de paneles fotovoltaicos.

Figura F.2: Elección del modelo de cálculo de capacidad fotovoltaica *Fuente: Explorador Solar, Ministerio de Energía de Chile.*

La capacidad se estimará mediante el cálculo del área disponible en el techo del CESFAM, lo que se hace dibujando un polígono sobre el mapa que se abre al dar clic en el botón *Estimar Capacidad*.

Figura F.3: Estimación de capacidad mediante el área disponible para instalar paneles fotovoltaicos en CESFAM Alessandri. *Fuente: Explorador Solar, Ministerio de Energía de Chile.*

Luego de estimar la capacidad se debe ir más abajo en el formulario y dar clic en *Optimizar Ángulos*. Lo anterior sugerirá la mejor combinación de inclinación del panel respecto del suelo y el ángulo que forma el norte y la posición del sol al medio día en dicho punto del planeta (también llamado azimut solar), lo que indicará la orientación del panel.

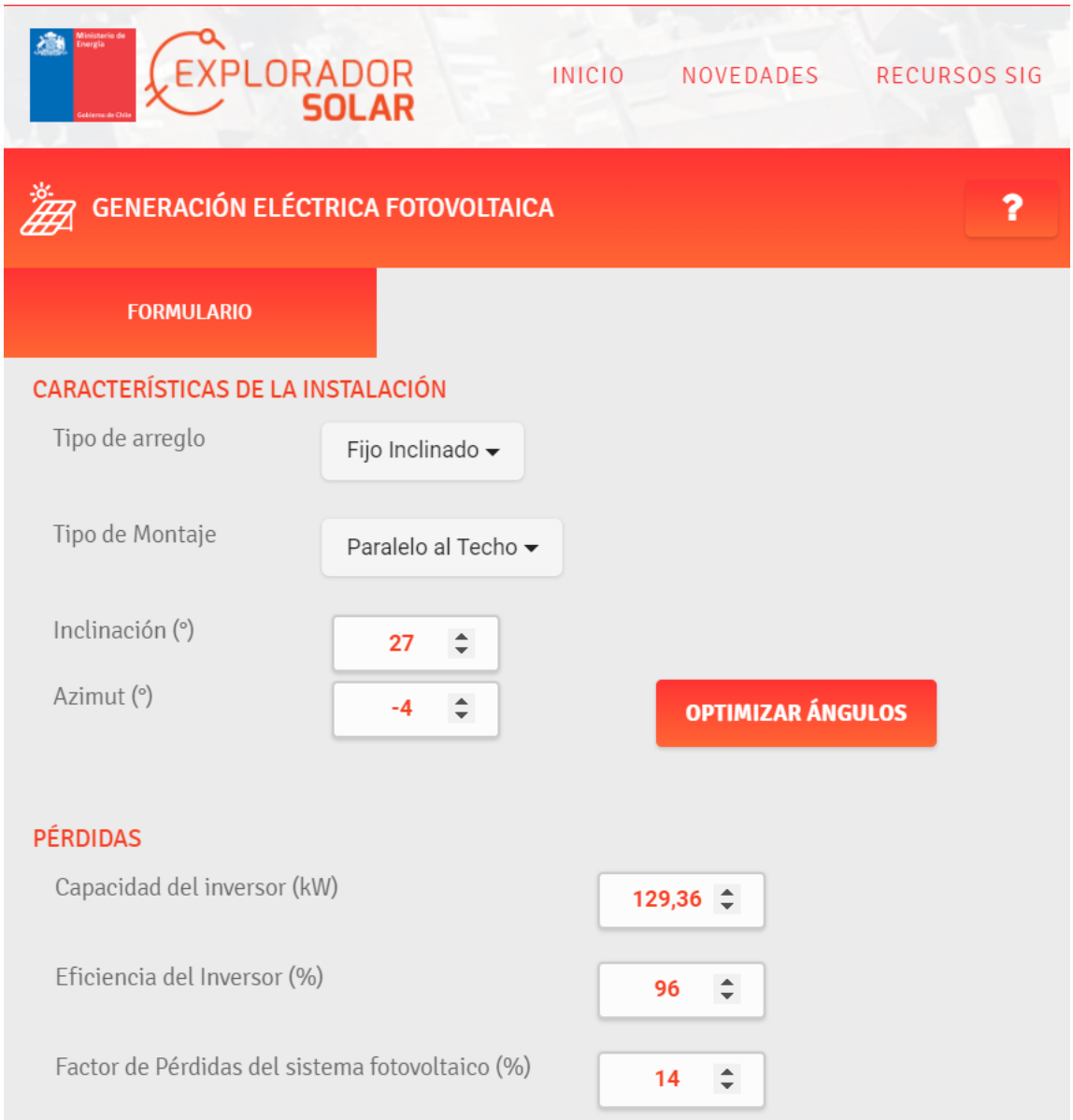

Figura F.4: Características de instalación y pérdidas. *Fuente: Explorador Solar, Ministerio de Energía de Chile.*

Dejando todos los demás valores por defecto en el formulario, se obtiene para el CESFAM los siguientes resultados:

Figura F.5: Estimación de capacidad de paneles fotovoltaicos en CESFAM Alessandri. *Fuente: Explorador Solar, Ministerio de Energía de Chile.*

Para obtener la proyección del consumo fotovoltaico se debe dar clic en *Calcular Generación del Sistema Fotovoltaico*, en la sección final del Formulario.

Considerando los valores obtenidos en los pasos anteriores, el sistema fotovoltaico generará de la siguiente manera:

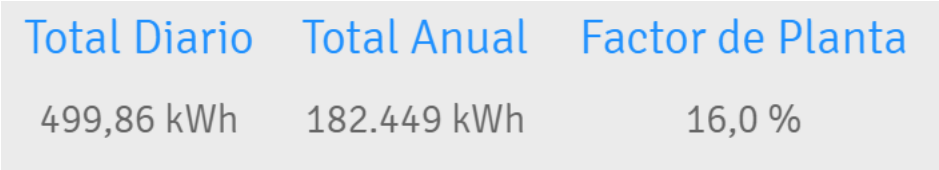

Figura F.6: Principales factores operativos de la evaluación de instalación de un sistema fotovoltaico sobre el CESFAM Alessandri. *Fuente: Explorador Solar, Ministerio de Energía de Chile.*

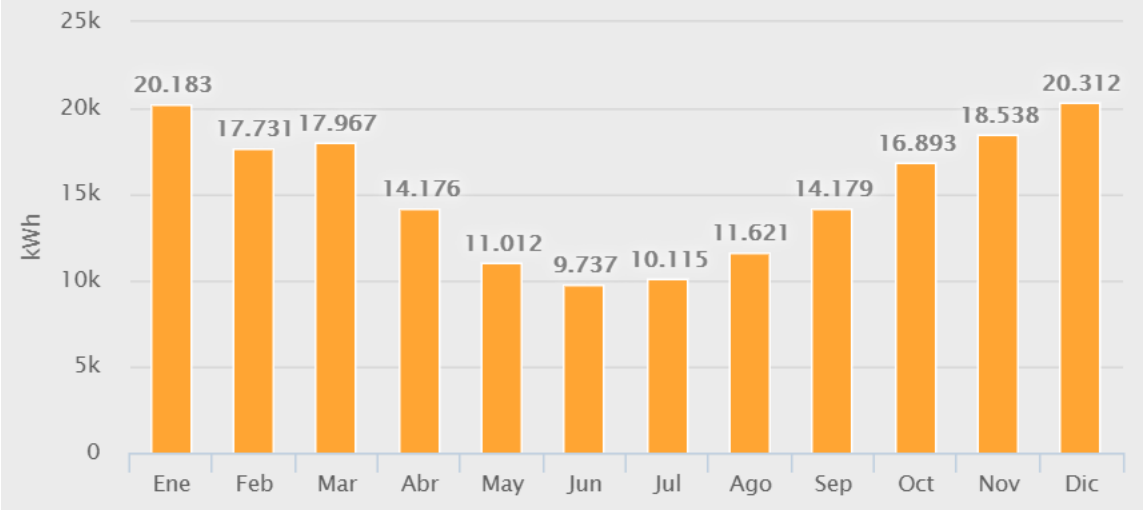

Figura F.7: Estimación de generación mensual, en kWh, para el sistema fotovoltaico a instalar sobre el CESFAM Alessandri. *Fuente: Explorador Solar, Ministerio de Energía de Chile.*

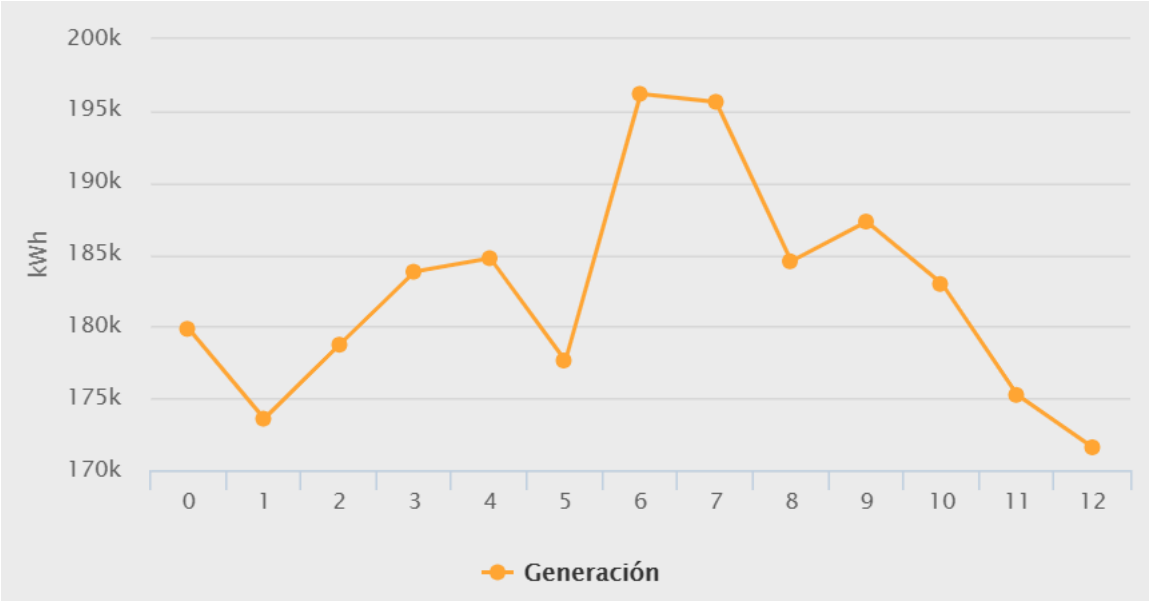

Figura F.8: Estimación de generación anual del sistema fotovoltaico proyectado para el CESFAM Alessandri. Fuente: *Explorador Solar del Ministerio de Energía.*