

2018-11

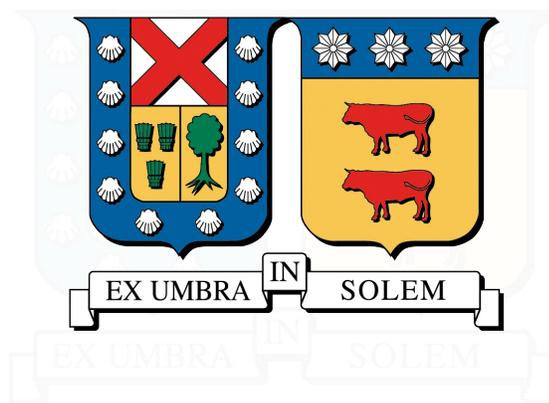
SISTEMA MRV PARA LA ESTRATEGIA ENERGÉTICA DE LA COMUNA DE PROVIDENCIA.

ARAYA ARMIJO, JAVIER ANDRÉS

<https://hdl.handle.net/11673/50258>

Repositorio Digital USM, UNIVERSIDAD TECNICA FEDERICO SANTA MARIA

UNIVERSIDAD TÉCNICA FEDERICO SANTA MARÍA
DEPARTAMENTO DE INDUSTRIAS
SANTIAGO - CHILE



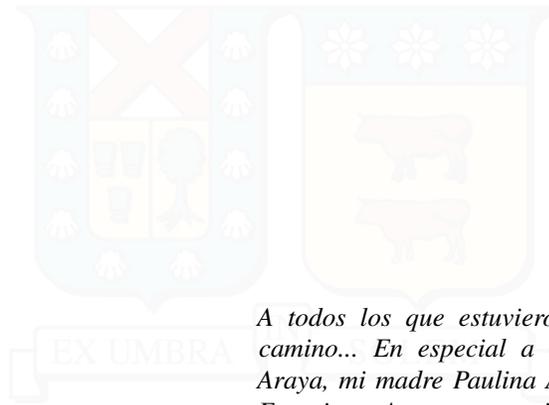
**SISTEMA MRV PARA LA ESTRATEGIA ENERGÉTICA DE LA COMUNA DE
PROVIDENCIA**

JAVIER ANDRES ARAYA ARMIJO

MEMORIA PARA OPTAR AL TÍTULO DE
INGENIERO CIVIL INDUSTRIAL

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

NOVIEMBRE 2018



A todos los que estuvieron presente en este camino... En especial a mi padre Christian Araya, mi madre Paulina Armijo, mi hermana Francisca Araya y a mi profesor y amigo Francisco Dall'Orso León.

Gracias! ...

RESUMEN EJECUTIVO

El gran problema del cambio climático que afecta al planeta es de conocimiento común y tema habitual de conversación a nivel global. Diferentes factores que alteran al ecosistema en el cual se convive día a día influyen en este cambio, aumentando la temperatura, derritiendo glaciares, extinguiendo animales, entre muchas otras repercusiones de las acciones que día a día ejecuta el ser humano.

Combatir este problema es uno de los temas más importantes de las naciones unidas, y a partir de esto se han generado debates sobre como lograrlo. El más actual, el acuerdo de París, apunta a que cada país debe ser un agente de cambio positivo para el ecosistema, tomando diferentes tipos de medidas reguladoras para prevenir hacer más daño del actual.

En base a esto, Chile ha tomado una fuerte postura ante el combate al cambio climático, creando medidas a nivel nacional, regional e incluso comunales. Asimismo, la comuna de Providencia, ha realizado su Estrategia Energética Local definiendo su postura y sus acciones a seguir para ayudar a la descontaminación del planeta.

A partir de lo anterior, se realiza un análisis y discriminación de los proyectos de la EEL de Providencia, definiendo así qué proyectos se les puede realizar un seguimiento de avance, un seguimiento de mitigación de gases de efecto invernadero y a los que simplemente no se les puede realizar un seguimiento.

El criterio a utilizar para la discriminación de los proyectos se basa principalmente en el tipo de proyecto (construcción, implementación, etc), si su implementación produce problemas de doble contabilidad de reducción de emisiones y su impacto dentro de la ciudadanía. De esta forma se han definido ocho proyectos de seguimiento de avance y seis proyectos de seguimiento de emisiones de GEI.

Posteriormente, se definen las metodologías a utilizar por cada proyecto al cual se le puede realizar un seguimiento de emisiones de GEI, a modo de generar un marco conceptual de medición, reporte y verificación de estas.

Índice de Contenidos

1. Problema de Investigación	1
2. Objetivos	3
2.1. Objetivo General	3
2.2. Objetivos Específicos	3
3. Marco Teórico	4
3.1. Situación Actual	4
3.1.1. Global	4
3.1.2. Nacional	6
3.1.2.1. Energía 2050: Política Energética de Chile	7
3.1.2.1.1. Seguridad y Calidad de Suministro	9
3.1.2.1.2. Energía como Motor de Desarrollo	9
3.1.2.1.3. Energía compatible con el Medio Ambiente	10
3.1.2.1.4. Eficiencia y Educación Energética	10
3.1.2.2. Estrategia Energética Local (EEL)	11
3.1.2.2.1. ¿Qué es una EEL?	11
3.1.2.2.2. Elaboración de una EEL	12
3.1.2.2.3. Impactos y beneficios de una EEL	13
3.2. Metodologías de Seguimiento	14
3.3. Sistema de Medición, Reporte y Verificación	16
3.3.1. Principios MRV	16
4. Estrategia Energética Providencia	17
4.1. Diagnóstico Energético de la Comuna	17
4.1.1. Consumo eléctrico por segmentos	19
4.1.1.1. Sector Municipal	19
4.1.1.2. Sector Residencial	20
4.1.1.3. Sector Privado	22
4.1.2. Consumo de gas natural por segmentos	22
4.1.2.1. Sector Municipal	23
4.1.2.2. Sector Residencial	23
4.1.2.3. Sector Privado	24
4.2. Potencial Energético de Providencia	25
4.2.1. Potencial Solar	25
4.2.1.1. Potencial solar fotovoltaico por segmentos	26
4.2.1.2. Potencial solar térmico por segmentos	26
4.2.2. Potencial Biomasa	27
4.2.2.1. Reciclaje de la biomasa	27
4.2.2.2. Potencial energético de la biomasa	28
4.2.3. Potencial energético de eficiencia energética de la comuna	29
4.2.4. Balance de CO_2 por emisiones en la comuna	30

4.3. Visión	31
4.4. Metas	32
4.5. Plan de Acción	33
4.5.1. Ejes Estratégicos	34
4.5.1.1. Eje Energía Limpia	34
4.5.1.2. Eje Gestión y Cultura Energética	34
4.5.1.3. Eje Ciudadanía y Pobreza Energética	34
4.5.1.4. Eje Educación e Innovación	35
5. Análisis y Desarrollo	36
5.1. Identificación de Proyectos	36
5.1.1. Eje Energía Limpia	37
5.1.2. Eje Gestión y Cultura Energética	37
5.1.3. Eje Ciudadanía y Pobreza Energética	38
5.1.4. Eje Educación e Innovación	39
5.2. Discriminación de Proyectos	40
5.2.1. Proyectos sin Seguimiento	40
5.2.2. Proyectos de Seguimiento	44
5.2.3. Proyectos de Seguimiento y Cuantificación de emisiones	45
5.3. Metodología	46
5.3.1. Seguimiento de Proyectos	46
5.3.2. Cuantificación de emisiones	49
5.4. Gobernanza MRV	63
5.5. Piloto MRV y Resultados	65
6. Conclusiones y Recomendaciones	67
Bibliografía	69
A. Anexos	70

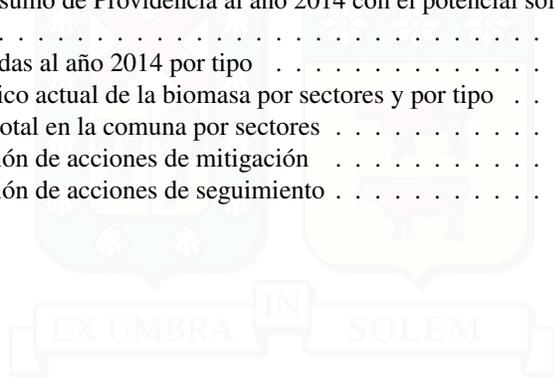
Índice de Tablas

5.1. Tiempo estimado de ejecución de los proyectos	36
5.2. Factor de emisión por tipo de combustible para vehículos	51
5.3. Ejemplos de factor de emisión por tipo de combustible para calentamiento de agua	53
5.4. Requerimientos de luz de salida	60
5.5. Consumo energético y emisiones antes y después del proyecto	66
A.1. Factores de emisión red eléctrica promedio anual	76
A.2. Factores de emisión de Combustibles - Combustión Estacionaria	77
A.3. Factores de emisión de Combustibles - Combustión móvil - Transporte terrestre	77

Índice de Figuras

3.1. Concentración de CO_2 y anomalía de temperatura global	5
3.2. Línea de acción Energía 2050	8
3.3. Pilares fundamentales de la Agenda de Energía	9
3.4. Consulta ciudadana WEB distribuidos por región	11
3.5. Elementos fundamentales de una Estrategia Energética Local	13
3.6. Ejemplo metodología perteneciente al CMD METHODOLOGY BOOKLEt	15
4.1. Fases de la Estrategia Energética Local	17
4.2. Mapa de influencia de la estrategia energética de Providencia	18
4.3. Distribución de la demanda eléctrica de la comuna de Providencia al año 2014	19
4.4. Consumo del sector municipal al año 2014	20
4.5. Consumo del sector residencial al año 2014	21
4.6. Distribución socioeconómica del consumo del sector residencial al año 2014	21
4.7. Consumo eléctrico del sector privado al año 2014	22
4.8. Distribución de demanda de gas natural en Providencia al año 2014	23
4.9. Consumo del sector residencial de gas natural en Providencia al año 2014	24
4.10. Consumo del sector privado de gas natural en Providencia al año 2014	24
4.11. Comparación consumo de Providencia y producción solar individual por tecnología	25
4.12. Comparación consumo de Providencia al año 2014 con el potencial solar fotovoltaico factible por segmentos	26
4.13. Comparación consumo de Providencia al año 2014 con el potencial solar térmico factible por segmentos	27
4.14. Comparación de las toneladas recicladas al año 2014 y el potencial total disponible de toneladas producidas	28
4.15. Potencial energético de la biomasa por tipo de energía generada	29
4.16. Reducción potencial del consumo eléctrico total de la comuna	29
4.17. Reducción potencial del consumo total eléctrico de la comuna por segmentos	30
4.18. Balance de dióxido de carbono total en la comuna por tipo de consumo	31
4.19. Mapa de palabras claves en la visión energética comunal	32
4.20. Diagrama de estructura plan de acción	33
5.1. Listado de lineamientos, programas y acciones del eje energía limpia	37
5.2. Listado de lineamientos, programas y acciones del eje gestión y cultura energética	38
5.3. Listado de lineamientos, programas y acciones del eje ciudadanía y pobreza energética	39
5.4. Listado de lineamientos, programas y acciones del eje educación e innovación energética	39
5.5. Resumen de acciones de mitigación de la EEL con sus respectivas metodologías asociadas	62
5.6. Gobernanza del MRV Providencia	63
5.7. Diagrama de flujo del funcionamiento del MRV	64
5.8. Información primaria para el registro de la acción de mitigación	65
A.1. Consumo eléctrico histórico en Providencia del año 2010 al 2014	70
A.2. Consumo del alumbrado público sector municipal durante el año 2014	71

A.3. Consumo del sector municipal durante el año 2014	71
A.4. Consumo histórico del sector residencial durante el año 2014	72
A.5. Consumo eléctrico del sector privado durante el año 2014	72
A.6. Consumo del sector municipal de gas natural en Providencia durante el año 2014	73
A.7. Consumo del sector privado de gas natural en Providencia durante el año 2014	73
A.8. Comparación consumo de Providencia al año 2014 con el potencial solar fotovoltaico teórico por segmentos	74
A.9. Comparación consumo de Providencia al año 2014 con el potencial solar térmico teórico por segmentos	74
A.10. Toneladas recicladas al año 2014 por tipo	75
A.11. Potencial energético actual de la biomasa por sectores y por tipo	75
A.12. Balance de CO_2 total en la comuna por sectores	76
A.13. Ficha de inscripción de acciones de mitigación	78
A.14. Ficha de inscripción de acciones de seguimiento	79



1 | Problema de Investigación

La crisis ambiental es un problema que afecta a todos los seres vivos que habitan el planeta, el calentamiento de la atmósfera y los océanos, la disminución de volúmenes de hielo y nieve, la elevación del nivel del mar o las concentraciones de gases de efecto invernadero (GEI) son consecuencias de las actividades desarrolladas por el ser humano a lo largo del tiempo.

Los efectos del cambio climático, producido principalmente por las actividades del ser humano a lo largo del tiempo, son amenazas que no solo lo afectan a la sociedad, sino que tiene ligado un deterioro gradual del planeta, disminuyendo sustancialmente la flora, fauna y todo tipo de especie que habita en el ecosistema. Todas estas amenazas implican un riesgo para el desarrollo de los países y la integridad ecosistema a nivel mundial, ya que dependen de la aparición de nuevas estructuras económicas, tecnológicas o culturales.

Sin embargo, pese a que hoy en día se tiene todo tipo de información con respecto al cambio climático, no es hasta la mitad del siglo XX que se demostró efectivamente que existe un aumento en la concentración de dióxido de carbono (CO_2) en la atmósfera desde el inicio de la revolución industrial hasta el día de hoy. Es desde ese minuto que la Organización de las Naciones Unidas (ONU) despliega los primeros esfuerzos para colocar en la palestra de la política internacional el gran problema de la crisis ambiental global. A partir de este gran hito que la crisis es tratada como un macro problema real, y donde todas sus variables (contaminación, agotamiento de recursos naturales, pérdida de biodiversidad, cambio climático, entre otros) no sólo serán estudiadas, sino que se buscara, mediante acuerdos internacionales, encontrar una solución que sea sustentable en el tiempo.

El principio de sustentabilidad nace en el contexto de la globalización y es la marca de una reorientación de la sociedad actual. La crisis ambiental ha cuestionado la racionalidad y paradigmas que han impulsado y legitimado el crecimiento de la humanidad hasta el día de hoy. El término “sustentabilidad ecológica” aparece como un criterio para la reconstrucción de la sociedad y, además, como una especie de condición para la sobre vivencia y desarrollo a largo plazo.

El concepto de sustentabilidad ha sido, durante el último tiempo, uno de los ejes principales para diseñar y evaluar las estrategias de recursos, desarrollo de nuevas tecnologías e incluso políticas públicas. El desarrollo de diferentes marcos de análisis permite hacer del concepto de sustentabilidad algo más allá de su definición, lo hace operativo. En este sentido, la sociedad toma un rol fundamental, pudiendo así mediante diferentes estrategias mitigar la crisis.

Es a partir de esto que diversos países e instituciones han optado por realizar acciones que combatan el cambio climático. Y Chile no se ha quedado ajeno, incorporándose al “Acuerdo de París” y adquiriendo metas acordadas con la zona, pero estas acciones no son suficientes para generar un cambio, por lo que es importante generar un impacto de manera local a nivel país. Es por esto que la comuna de Providencia, en pos de convertirse en una comuna que busca la disminución del impacto medioambiental se une a la Red chilena de Municipios ante el Cambio Climático, desarrollando un plan local que, en base a diferentes estrategias, busca gestionar los recursos energéticos y educar a los ciudadanos de la comuna con un uso responsable.

Pero, a dos años de la publicación de la Estrategia Energética Local de la Comuna de Providencia (EEL Providencia), es necesario realizar una autocrítica del programa, generando mediciones del avance de las acciones propuestas en la EEL y así poder entender los cambios que se pueden generar a medida que transcurre el tiempo y adaptarnos a las actividades futuras.

2 | Objetivos

2.1. Objetivo General

Desarrollar e implementar una plataforma de MRV de las acciones de mitigación de GEI comprendidas en la EEL de Providencia para contar con una herramienta única con estándares internacionales, que sirva para determinar el impacto de estas medidas.

2.2. Objetivos Específicos

- Identificar la realidad energética de la comuna de Providencia a través del seguimiento de las actividades propuestas en su estrategia energética.
- Definir el marco conceptual del MRV de las acciones de la EEL de Providencia.
- Analizar las acciones de mitigación establecidas en la EEL de Providencia y determinar las metodologías de cuantificación de reducción de emisiones correspondientes a cada acción.
- Desarrollar una herramienta que permita hacer el seguimiento de las reducciones de GEI en función del marco conceptual y las metodologías seleccionadas.

3 | Marco Teórico

3.1. Situación Actual

3.1.1. Global

El escenario energético internacional se encuentra en constante cambio y marcado por diferentes fenómenos como la revolución tecnológica, el crecimiento económico de las naciones, inclusión de nuevos suministros energéticos o un aumento en el intercambio de energía en los mercados internacionales, en donde la incorporación de la electricidad y el combustible a nuevas actividades requiere evaluar los nuevos desafíos para satisfacer la demanda energética a nivel local y global.

Con el pasar de los años, el cambio climático ha ido incrementando a medida que las sociedades evolucionan y se desarrollan, generando un alto impacto en ellas en el corto, mediano y largo plazo. Esto ha incentivado a la ONU a establecer una estructura de negociación, coordinación e información para disminuir de cierta forma el impacto que generan las actividades de los países. La Convención de Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC) y el Panel Intergubernamental sobre el cambio Climático (IPCC) tienen como objetivo coordinar y evaluar periódicamente los conocimientos sobre el cambio climático a nivel mundial, en base a un análisis detallado, objetivo y transparente de la información científica, técnica y socioeconómica.

La CMNUCC, en recomendación del IPCC, ha establecido dos ejes estratégicos principales de acción para hacer frente al cambio climático: mitigación y adaptación. La mitigación consiste en disminuir las emisiones de GEI y/o aumentar la absorción de CO_2 de la atmosférica a través de sumideros. Por otro lado, la adaptación implica realizar actividades para evitar, resistir o aprovechar los cambios y efectos del clima, las cuales deben ser elaboradas por individuos, sistemas y organizaciones.

Con el paso de los años, la CMNUCC ha logrado una serie de hitos importantes en relación con el eje de adaptación:

- 2001 Conferencia de las Partes (COP): Se establece un programa de trabajo para el desarrollo de capacidades nacionales, en materia de cambio climático incluyendo Programas Nacionales de Acciones de Adaptación.
- 2006 La CMNUCC encarga a su Órgano Subsidiario de Asesoramiento Científico y Tecnológico (SABSTA) un proyecto de cinco años, ara abordar temas de vulnerabilidad y adaptación al cambio climático.
- 2007 La CMNUCC pone en operación el Fondo de Adaptación, para el financiamiento de proyectos y programas de adaptación al cambio climático.
- 2010 Cancun Adaptation Framework (CAF), se establece la formulación de medidas de adaptación y su implementación a nivel nacional
- 2011 Se definen las directrices iniciales para la formulación de planes nacionales de adaptación para países menos desarrollados

En diciembre del año 2015, 195 países, incluido Chile, firman el “Acuerdo de París”, el cual tiene como propósito trazar las líneas generales hacia un mundo sostenible mediante cambios en la economía global. El principal objetivo del acuerdo es contener el aumento de temperatura por debajo de los 2°C respecto de la era preindustrial e intentar limitarlo a $1,5^{\circ}\text{C}$. Cabe destacar que este acuerdo no especifica metas obligatorias para los países adscritos, sino que es cada gobierno quien delimita sus propios objetivos de reducción de emisiones para el año 2025 o 2030.

La Figura 3.1 muestra la anomalía de la temperatura global con referencia al promedio entre los años 1961 a 1990, según la base de datos HadCRUT3 y concentraciones de CO_2 en la atmósfera como porcentaje de aire seco, según los datos del observatorio del Mauna Loa, Hawai, Estados Unidos.

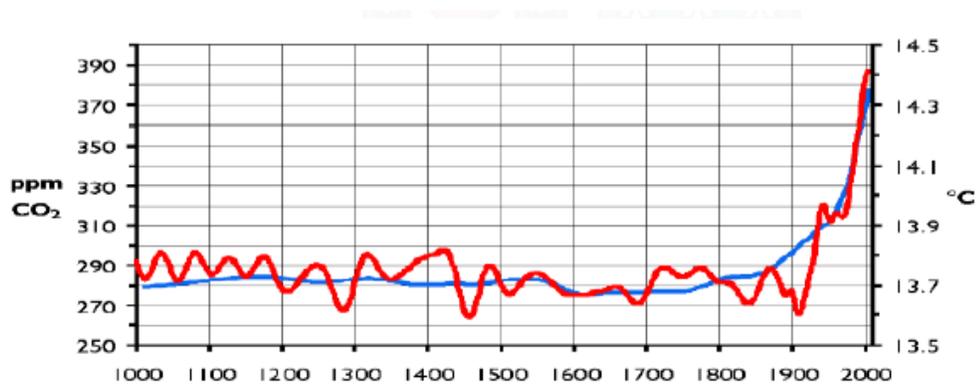


Figura 3.1: Concentración de CO_2 y anomalía de temperatura global

Fuente: [National Oceanic & Atmospheric Administration \(NOAA\)](#)

Con la llegada de Donald Trump a la presidencia de los Estados Unidos, la cantidad de países miembros de la CMNUCC que no respaldan el tratado ambiental aumentó a tres, sumándose Estados Unidos a Nicaragua y Siria. Esto implica que una de las potencias mundiales y, uno de los países con mayor índice de GEI, no apoyará el pacto debido a que creen que es injusto para ellos, lo que podría desencadenar en problemas diplomáticos de mayor envergadura y, en consecuencia, problemas ambientales mayores.

3.1.2. Nacional

Chile, para poder cumplir con las responsabilidades de estado con relación a los problemas del cambio climático a nivel mundial, participa de forma activa y constante en las discusiones y procesos internacionales que han ido evolucionando a medida que pasa el tiempo. Este proceso inicia el año 1994 con la ratificación de Chile a la CMNUCC, el protocolo de Kioto el año 2002, el Acuerdo de París (2016) y la ratificación de este por Chile el 2017.

Dada la relevancia que ha tomado el tema a nivel país, tanto para la negociación internacional como para dar pie al inicio de proyectos de cooperación de esta índole, se crea una instancia institucional de diálogo y toma de decisiones en relación con el cambio climático. Es así, como en 1996 se crea el Comité Nacional Asesor sobre el Cambio Global (CNACG), el cual marcó un punto de partida de las acciones del gobierno en temas de cambio climático a nivel nacional.

En el año 2006, el CNACG lanza la Estrategia Nacional de Cambio Climático, la cual dos años después comienza a operar a través del “Plan de Acción Nacional de Cambio Climático: 2008-2012” (PANCC) de la Comisión Nacional del Medio Ambiente (CONAMA). En la estrategia chilena se reconoce que Chile es un país social, económica y ambientalmente vulnerable a los problemas del cambio climático, y que Los costos de la inacción pueden ser mucho mayores que las medidas e inversiones necesarias, en corto plazo, para adaptarse y mitigar los impactos negativos del cambio climático. El Estado de Chile, en quien recaerá la mayor carga de inversión, sobre todo en el desarrollo de infraestructura, debe destinar los recursos necesarios para evaluar tales costos y terminar las acciones a seguir, en particular, en aquellos sectores que se consideren prioritarios.

Paralelamente a la ejecución del PANCC, el sector público ha tenido muchas variaciones, las cuales han potenciado diversas acciones asociadas al cambio climático en el país. Dentro de estos cambios, se destacan la creación del Ministerio de Energía y el Ministerio del Medio Ambiente en el año 2010. El Ministerio del Medio Ambiente es el órgano del estado encargado de colaborar con el presidente de la

República en el diseño y aplicación de políticas, planes y programas en materia ambiental, en pos de la protección y conservación de la diversidad biológica y recursos naturales. Por su parte, el Ministerio de Energía es la institución encargada de elaborar y coordinar de manera transparente y participativa los distintos planes, políticas y normas para el desarrollo del sector energético del país; para así asegurar que todo chileno y chilena pueda acceder a la energía de forma segura y a precios razonables.

Hoy en día, Chile se encuentra en un proceso de “revolución energética”, en donde busca como principal objetivo planificar y consensuar una estrategia de corto, mediano y largo plazo en materia energética, considerando lo tratado en el “Acuerdo de París” en el año 2016 y ratificado por Chile el año 2017. Estos cambios se traducen en que la energía es más que un insumo clave, el cual puede promover cambios positivos en la calidad de vida de las personas y la calidad de vida del entorno.

3.1.2.1. Energía 2050: Política Energética de Chile

El ex Ministro de Energía Máximo Pacheco dice:

“Una sociedad que renuncia al futuro energético se expone a múltiples trastornos, De partida, se queda sin conciencia del devenir de las próximas generaciones y asume tácitamente que algunas fuerzas con interés propio moverán el tablero para su conveniencia y que por inercia habrá energía en nuestras vías”
(Ministerio de Energía, 2015)

Anterior a la política Energía 2050, Chile se encontraba en medio de una incertidumbre en materia energética, ciudadanos desinformados y desinteresados del tema abusaban del uso energético vulnerando así el futuro de nuevas generaciones que, a simple vista, serían cada vez más irresponsables en el uso de la energía de nuestro país. Esta incertidumbre se fue disipando con el paso del tiempo y, de cierta forma, la generación chilena actual comprendió la importancia del buen uso de la energía, tanto en el presente como en el futuro. Esto permitió generar una Agenda de Energía, la cual logró abrir el debate energético a nivel nacional, regional y local, incluyendo a todos los sectores en la discusión y generando investigaciones serias y responsables en la materia.

La visión de Energía 2050 ha respondido de manera eficiente y responsable la urgencia global de hacerse cargo de manera local de los errores cometidos por la humanidad en el pasado, permitiendo así obtener una vista general del presente en el cual se está sometido y generar acciones a largo plazo que permitan erradicar estos errores.

La política Energía 2050 tardó más de un año y medio en poder generarse y obtener una validación

social y técnica. Se realizaron más de 130 talleres regionales, con una participación superior a las 4.000 personas. Se formó un comité consultivo con 27 personas de diversos tipos de formación y origen, quienes trabajaron en la hoja de ruta que sirvió como insumo para el desarrollo de la Política Energética. El entusiasmo y la seriedad mostrada en cada una de estas actividades, como también en la consulta ciudadana, nos demuestra que la población chilena si ha tomado conciencia del problema que aqueja al mundo, el calentamiento global.

Energía 2050 permitió abrir un espacio para establecer el diálogo sin reservas, con el cual es posible obtener una referencia clara y concreta sobre que planear y como actuar. Por otro lado, permite generar horizontes más amplios y metas más claras para el país, como la participación de un 70 % de las fuentes renovables en la generación eléctrica, el desacople del consumo energético producto de la eficiencia energética, la reducción de emisiones de GEI o la reducción del precio de la energía al nivel de los países desarrollados.

La política energética de Chile tiene una línea de acción determinada y separada en cuatro etapas, en donde se definirán los lineamientos principales: Mesas Temáticas, Hoja de Ruta, Política Energética y Difusión.



Figura 3.2: Línea de acción Energía 2050

Fuente: (Ministerio de Energía, 2015)

A su vez, la agenda de energía chilena tiene su base en cuatro pilares fundamentales: Seguridad y Calidad de suministro, Energía como Motor de Desarrollo, Energía Compatible con el Medio Ambiente y Eficiencia y Educación Energética.



Figura 3.3: Pilares fundamentales de la Agenda de Energía

Fuente: (Ministerio de Energía, 2015)

3.1.2.1.1. Seguridad y Calidad de Suministro

El desarrollo de país debe contar desde su base con un sistema energético confiable para que la energía se encuentre disponible a un precio razonable que favorezca la competitividad. Esta confiabilidad abarca no solo lo que normalmente se conoce como seguridad energética, sino que se preocupa de que el acceso a la energía se produzca de una forma certera, que la distribución tenga altos estándares de calidad y que el sistema sea flexible.

El suministro del sistema energético a largo plazo debe estar relacionado con sistema que sea robusto y resiliente, para que así se pueda proveer energía de acuerdo con los requerimientos del país. Para esto, es necesario poder responder a diferentes situaciones críticas, por lo que se deben analizar los posibles riesgos y consecuencias a las cuales se encuentra expuesto el país. Por lo tanto, Chile debe contar con planes actualizados de gestión de riesgos y emergencias energéticas que aseguren la resiliencia y confiabilidad del sistema energético.

3.1.2.1.2. Energía como Motor de Desarrollo

En simples palabras, este pilar se explica de forma que “Sin energía no hay desarrollo”. Para ello, se debe tener una política de desarrollo energético que sea inclusivo, de forma que se tenga un acceso equitativo a todos los stakeholders. El avance de la tecnología y la rápida circulación de la información producen que las comunidades y las personas en general tengan una opinión clara respecto al sector energético, por lo que cada vez se hace más importante incluirlos en la toma de decisiones. Para esto, se crean instancias en donde las regiones deben contar con planes energéticos para sus localidades y, más en concreto, cada comuna debe

contar con su propia Estrategia Energética Loca (EEL), la cual debe seguir los lineamientos principales de la Política Energética Energía 2050.

Ya en el largo plazo, la política señala que Chile debe posicionarse entre los tres países de la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (OCDE) con menores precios promedio en su suministro eléctrico a nivel residencial e industrial.

3.1.2.1.3. Energía compatible con el Medio Ambiente

Chile, al encontrarse dentro de pactos internacionales relacionados con el cuidado del medio ambiente no puede estar ajeno a este contexto al momento de desarrollar sus políticas de desarrollo energético, por lo que es fundamental que estas estén acordes a los lineamientos de desarrollo de los impactos medioambientales, tanto a nivel local como global.

Chile a tenido una intención histórica de generación de energía renovable. En los años 80, tenía una participación de hidroeléctricas en donde la generación de energía alcanzaba el 8 %. Sin embargo, con el paso del tiempo esta ha disminuido significativamente alcanzando un 32 % en el último quinquenio. Esto pese al gran potencial existente dentro del país.

Por otro lado, el norte de Chile es privilegiado por la cantidad de radiación solar que incide en la zona, generando grandes oportunidades de ser líder a nivel mundial de generación de energía en base a la energía solar. Es por lo anterior, que Chile tiene como objetivo que las energías renovables no convencionales (ERNC) constituyan el 60 % de la generación eléctrica para el año 2035 y un 70 % para el año 2050. Esto complementando el compromiso internacional adquirido años anteriores en donde se comprometía a disminuir las emisiones de Gases de Efecto Invernadero (GEI) a menos de un 30 % para el año 2030.

3.1.2.1.4. Eficiencia y Educación Energética

Dentro de este último pilar se busca crear una nueva cultura energética en el ciudadano chileno en todos los temas que involucran a la “Revolución Energética” que se esta llevando a cabo hoy en día en el país. Para esto es necesario que todas las personas que residen en Chile logren entender de que se está hablando en materia de Eficiencia Energética o que cambios se están realizando para alcanzar los niveles internacionales de emisiones de GEI.

Existen diversas formas de llevar esto a cabo, partiendo por la educación de los niños más pequeños en las escuelas, mesas de trabajo en donde la ciudadanía participa de forma voluntaria o consultas y comentarios

a través de plataformas web.

DISTRIBUCIÓN DE COMENTARIOS RECIBIDOS EN LA CONSULTA CIUDADANA POR PLATAFORMA WEB	
Región	Nº de Comentarios
Región Metropolitana de Santiago	286
Región de Los Lagos	29
Región de Valparaíso	25
Región Aysén del Gral. Carlos Ibáñez del Campo	19
Región de la Araucanía	13
Región del Biobío	7
Región del Libertador Gral. Bernardo O'Higgins	5
Región de Coquimbo	4
Región del Maule	4
Región de Antofagasta	2
Región de Tarapacá	2
Región de Atacama	1
Región de Magallanes y de la Antártica Chilena	1
No especifica	3

Figura 3.4: Consulta ciudadana WEB distribuidos por región

Fuente: (Ministerio de Energía, 2015)

En el último periodo del año 2017, uno de los canales de información de la “Revolución Energética” chilena que ha tomado bastante protagonismo es el Facebook del Ministerio de Energía, en donde en base a diferentes infografías han logrado interiorizar a los jóvenes chilenos en materia de eficiencia energética.

3.1.2.2. Estrategia Energética Local (EEL)

3.1.2.2.1. ¿Qué es una EEL?

El ministerio de Energía define a la EEL como una herramienta municipal que permite analizar el escenario energético y así poder estimar su potencial de energía renovable y eficiencia energética que es posible aprovechar en su territorio e involucrando de forma activa a la comunidad en el desarrollo energético de la comuna.

El desarrollo y aplicación de este tipo de estrategias permite que las autoridades locales puedan realizar la toma de decisiones de forma eficaz, a través de datos concretos de la realidad energética comunal, mediante una fuerte participación de la ciudadanía, permitiendo promover de una mejor forma la eficiencia energética y el uso de energías renovables no convencionales en el corto, mediano y largo plazo.

3.1.2.2.2. Elaboración de una EEL

El proceso de elaboración de una EEL comienza con el interés y decisión de las autoridades municipales de hacerse cargo de la materia energética correspondiente a la comuna. Luego de la decisión de avanzar en el desarrollo energético comienza un proceso en el que participan diferentes actores.

En primer lugar el encargado municipal del proyecto energético deberá definir si se trabajará con recursos internos o utilizará a un ente consultor, para que el proceso sea acompañado de expertos en la materia y velar por obtener el mejor resultado posible.

A partir de este momento, se debe desarrollar una estrategia que involucre a toda la comunidad, sector público y privado, quienes deben validar los resultados, para que una vez terminada y definida la estrategia a implementar, el municipio pueda comenzar el proceso de implementación de esta.

Los elementos principales de una EEL son:

- **Contenido Técnico:** La EEL debe contener un diagnóstico energético (eléctrico y térmico) comunal, potencial de ERNC y eficiencia energética, metas y un plan de acción.
- **Aspectos Funcionales:** Procedimientos relacionados con la organización, financiamiento, comunicación y seguimiento deben estar detallados.
- **Participación Ciudadana:** La elaboración de una EEL debe ir incluir de forma activa la participación e involucramiento del sector privado, público y la ciudadanía.

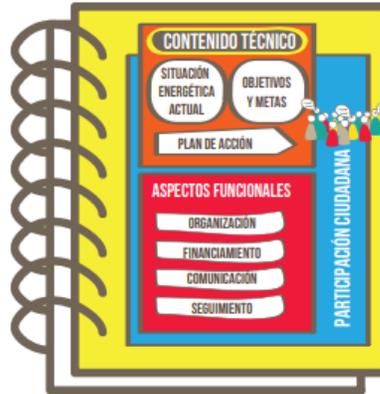


Figura 3.5: Elementos fundamentales de una Estrategia Energética Local

Fuente: (Comuna Energética, 2016)

3.1.2.2.3. Impactos y beneficios de una EEL

Según observaciones a nivel nacional e internacional, los impactos de una EEL se pueden dividir en tres niveles:

1. Social

- Fomentar un cambio conductual de la población local en temas relacionados con la energía.
- Cohesión entre los diferentes actores comunales
- Se genera, en parte, una descentralización del sistema energético, aprovechando los recursos naturales de la comuna
- El municipio promueve un alto estándar de calidad de vida para sus habitantes.

2. Ambiental

- Mejora en la calidad del aire en ciudades que presentan una alta dependencia de la leña en su matriz energética.
- Mitigación de emisiones de GEI debido a la reducción del consumo de combustibles fósiles y el impulso de ERNC y eficiencia energética.
- Reducción de residuos dispuestos en rellenos sanitarios, en comunas que realicen separación de basura con fines de generación energética.

3. Económico

- Mayor dinamismo económico al diversificar ingresos y fomentarla creación de nuevas empresas e inversión de organizaciones de otros territorios del sector.
- Estabilización de precios de la energía al tener mayor participación de ERNC en base a fuentes locales.
- Ahorros a nivel comercial, público, residencial e industrial debido a la aplicación de medidas de eficiencia energética e incorporación de tecnologías de generación distribuidas.
- Modelos de participación entre la comuna, vecinos y/o empresas generadoras para elaborar modelos de valor compartido.
- Posibilidad de generar negocios nuevos, inclusivos y de participación local.

3.2. Metodologías de Seguimiento

Las metodologías de seguimiento hacen referencia a los pasos a seguir para documentar los avances o datos de diferentes tipos de proyectos.

Existe un sin fin de metodologías reconocidas a nivel mundial, como lo es el CMD METHODOLOGY BOOKLET.

Dentro del CMD METHODOLOGY BOOKLET las metodologías se clasifican como proyectos de gran o pequeña escala, proyectos de desforestación o forestación y proyectos de de captura y almacenamiento de carbón (CCS).

En la Figura 3.6 se muestra un ejemplo de la metodología utilizada para proyectos de generación de electricidad por el usuario, aplicable a proyectos de instalación de paneles fotovoltaicos.

AMS-I.A. Electricity generation by the user



<p>Typical project(s)</p>	<p>Renewable electricity generation such as solar, hydro, wind or biomass gasification are implemented by the users as new installations (Greenfield) or replacement of existing onsite fossil-fuel-fired generation.</p>
<p>Type of GHG emissions mitigation action</p>	<ul style="list-style-type: none"> Renewable energy. Displacement of more-GHG-intensive service (e.g. refrigeration or lighting).
<p>Important conditions under which the methodology is applicable</p>	<ul style="list-style-type: none"> Users are in off-grid locations, i.e. they do not have connection to a national/regional grid, unless exceptional situations, e.g. weak grids; Users are included in the project boundary; Conditions apply for reservoir-based hydro plants.
<p>Important parameters</p>	<p>At validation:</p> <ul style="list-style-type: none"> Trend-adjusted projection of historical fuel consumption if an existing technology is replaced (for lighting, daily use duration can be applied). <p>Monitored:</p> <ul style="list-style-type: none"> An annual check of all systems or a sample thereof to ensure that they are still operating, or metering of generated electricity; If applicable, consumption of energy sources (e.g. biomass, fossil fuel); If applicable, availability of connected grid.
<p>BASELINE SCENARIO Services (e.g. lighting and refrigeration) are provided using fossil-fuel-based technologies (e.g. kerosene lamps and diesel generators).</p>	<pre> graph LR FF[Fossil fuel] --> PP[Power plant] PP --> E[Electricity] E --> C[Consumer] PP --> CO2[CO2] </pre>
<p>PROJECT SCENARIO Electricity is produced by users using renewable energy technologies (e.g. solar home systems for lighting, wind battery chargers for powering domestic appliances).</p>	<pre> graph LR FF[Fossil fuel] --> PP[Power plant] PP --> E[Electricity] E --> C[Consumer] PP --> CO2[CO2] FF --- X1[] PP --- X2[] CO2 --- X3[] style X1 stroke-dasharray: 5 5 style X2 stroke-dasharray: 5 5 style X3 stroke-dasharray: 5 5 </pre>

Figura 3.6: Ejemplo metodología perteneciente al CMD METHODOLOGY BOOKLET

Fuente: (UNFCCC, 2017)

3.3. Sistema de Medición, Reporte y Verificación

El propósito principal de un sistema MRV es generar información verificables sobre emisiones de GEI con una consistencia metodológica apropiada.

- **Medición:** Hace referencia a la necesidad de contar con información periódica sobre resultados obtenidos en relación a las emisiones de GEI.
- **Reporte:** Compromiso de actualizar periódicamente, recopilar, compartir, publicar y facilitar la información de las mediciones de manera transparente y asegurarse que las partes interesadas tengan acceso.
- **Verificación:** Veracidad de la información entregada y monitoreo de la misma.

3.3.1. Principios MRV

Los principios de un MRV reflejan los pilares en los que se basa la información.

- **Pertenencia:** Asegurar que la evaluación de GEI refleje adecuadamente los efectos de mitigación esperados
- **Exhaustividad:** Incluir todos los efectos relativos a GEI, las fuentes y los sumideros significativos en el límite de evaluación de GEI. Se comunican y justifican las exclusiones específicas
- **Coherencia:** Utilizar enfoques de contabilidad, métodos de recolección de datos y métodos de cálculo coherentes, documentando todos los cambios de datos, métodos o factores relevantes.
- **Transparencia:** Proporcionar información clara y completa. Comunicar todos los métodos, fuentes de datos, cálculos, supuestos e incertidumbres.
- **Exactitud:** Asegurar que la reducción estimada de GEI alcance la exactitud suficiente para que los usuarios y las partes interesadas puedan adoptar decisiones adecuadas e informadas.
- **Comparabilidad:** Utilizar metodologías, fuentes de datos, supuestos y formatos de reporte comunes, para poder comparar los efectos de distintas acciones de mitigación.

4 | Estrategia Energética Providencia

La EEL de Providencia se define como el resultado de un proceso participativo en el cual se involucraron vecinos, trabajadores, estudiantes, instituciones, empresas, gremios, entre otros.

El proceso se basó en tres talleres participativos abiertos y dos consultas on-line, en donde se co-construyeron las bases de la estrategia. Además, se realizaron más de 50 reuniones con actores claves y se informó del proceso en ferias y presentaciones. La generación de la estrategia se define en las diferentes fases mostradas en la Figura 4.1 a medida que se recopilaba información.



Figura 4.1: Fases de la Estrategia Energética Local

Fuente: (I. Municipalidad de Providencia, 2016)

La estrategia se basa principalmente en responder tres preguntas fundamentales: ¿Cómo estamos hoy?, ¿A dónde queremos llegar? y ¿Cómo llegaremos?. Para responder estas preguntas fue necesario plantear primeramente un diagnóstico de la comuna, en el cual se se agrega información relevante como territorio, economía, densidad de la población, consumo energético, entre otros.

4.1. Diagnóstico Energético de la Comuna

La comuna de Providencia cubre una superficie de 1.420 [Ha], representadas en la Figura 4.2, donde 1.250 [Ha] corresponden a áreas urbanas y 170 [Ha] forman parte del Parque Metropolitano de Santiago. Del área urbana, 860 [Ha] corresponden a predios particulares, 301 [Ha] a calles y 89 [Ha] a áreas verdes

Con respecto a la demanda eléctrica, se observa un crecimiento desde el año 2010 al año 2014 de 0,76 % en el sector municipal, 10,55 % en el sector residencial y un 14,46 % en el sector privado, para visualizar el aumento anual por sector ver Figura A.1. Este crecimiento se debe principalmente al crecimiento que ha sostenido el país en los últimos años, creciendo un 18,6 % entre los años 2010 y 2014, siendo principalmente debido al aumento de patentes comerciales para el sector privado, el crecimiento demográfico experimentado por la comuna en el sector residencial y a las instalaciones de nuevas luminarias de alumbrado público en el sector municipal.

Al año 2014, la demanda de energía total de la comuna de Providencia correspondía a 765.753 [MWh], en donde el principal actor es el sector privado con un 66 % del total.

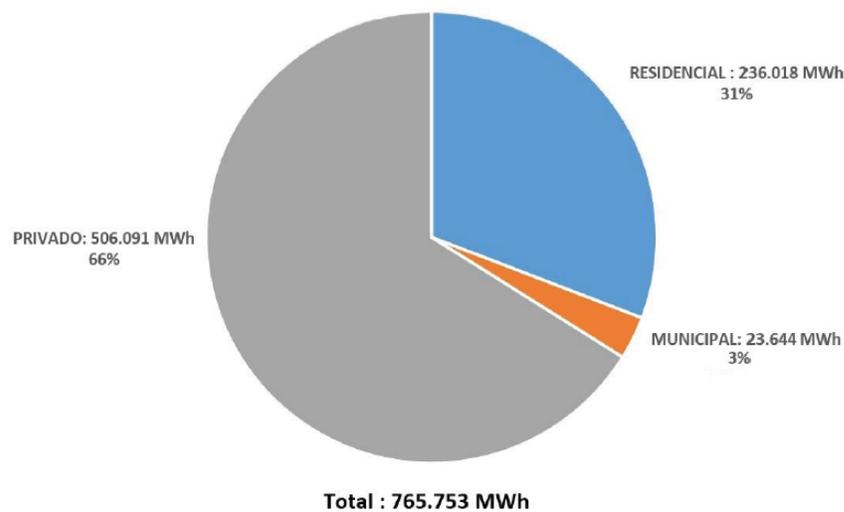


Figura 4.3: Distribución de la demanda eléctrica de la comuna de Providencia al año 2014

Fuente: (I. Municipalidad de Providencia, 2016)

4.1.1. Consumo eléctrico por segmentos

4.1.1.1. Sector Municipal

El consumo del sector municipal lo componen el alumbrado público, los recintos municipales, establecimientos educacionales municipales y otros. En donde el principal consumo se debe al alumbrado público con un total de 17.164 [MWh], correspondiente al 72,5 %.

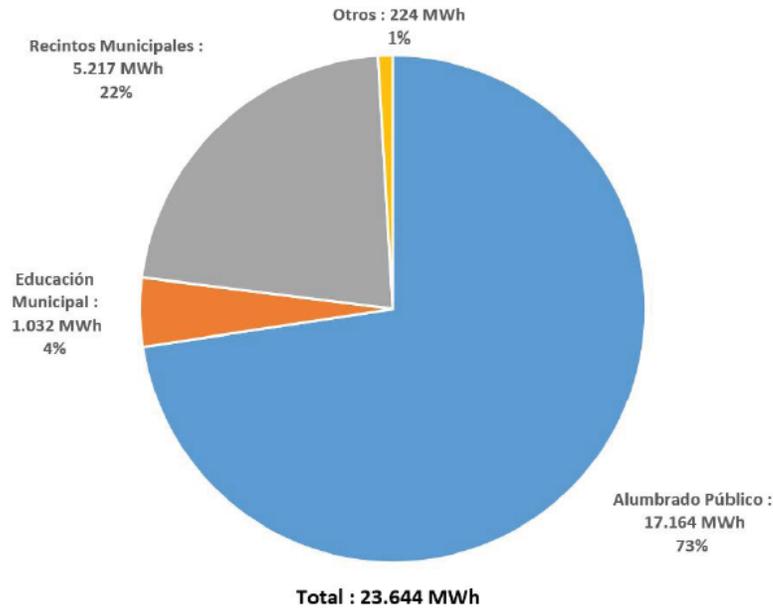


Figura 4.4: Consumo del sector municipal al año 2014

Fuente: (I. Municipalidad de Providencia, 2016)

El mayor consumo de electricidad por parte del sector municipal se desarrolla en los meses de invierno (junio-julio-agosto) debido a la mayor cantidad de horas que las luminarias deben permanecer encendidas y al uso de equipos de calefacción en los recintos municipales. Para conocer el desglose de consumo mensual del alumbrado público y del sector municipal total ver Figura A.2 y Figura A.3.

4.1.1.2. Sector Residencial

El consumo eléctrico del sector residencial se puede dividir de dos maneras, consumo por tipo de vivienda (casas y departamentos) y consumo por sector socioeconómico (ABC1, C2, C3, D, E y S/C). En donde el consumo promedio de una casa de la comuna equivale a 3 veces más que el consumo de un departamento. Y a su vez el sector C2 representa casi la mitad del consumo.

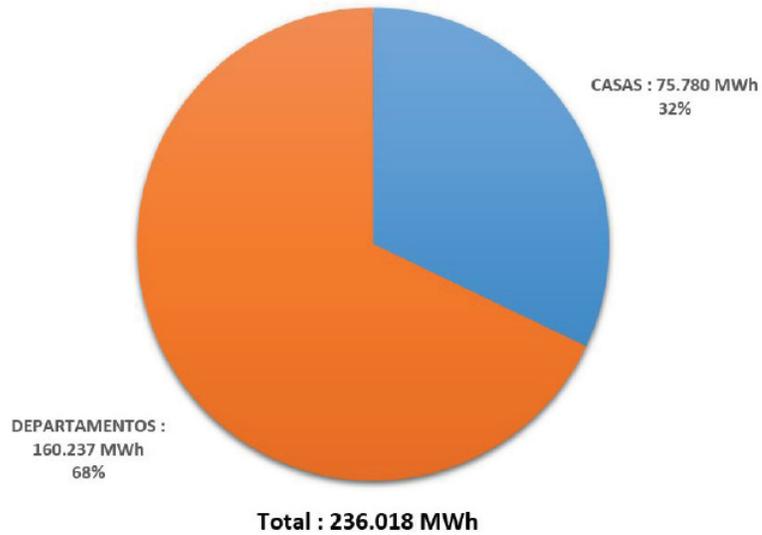


Figura 4.5: Consumo del sector residencial al año 2014

Fuente: (I. Municipalidad de Providencia, 2016)

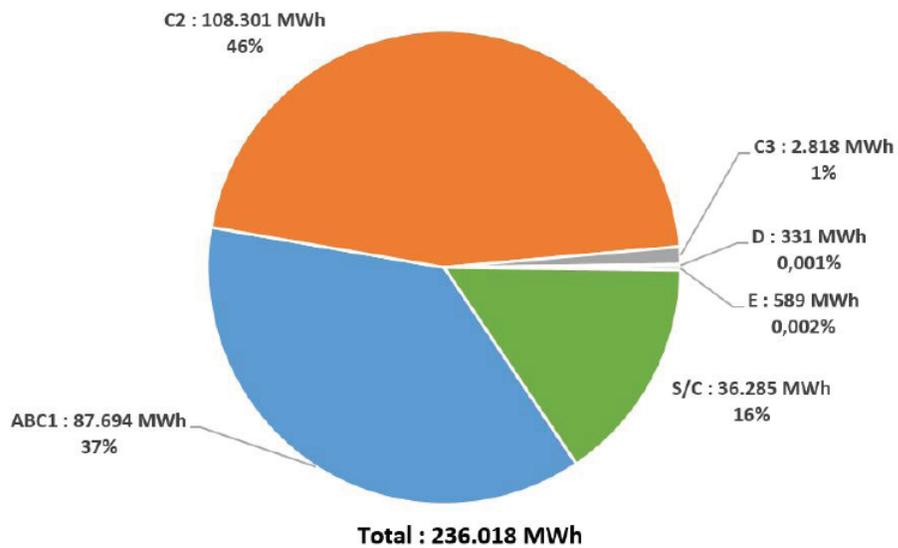


Figura 4.6: Distribución socioeconómica del consumo del sector residencial al año 2014

Fuente: (I. Municipalidad de Providencia, 2016)

Al igual que en el sector municipal el consumo residencial aumenta en los meses de invierno, principalmente por el uso de artefactos de calefacción e iluminación dentro de las viviendas.

4.1.1.3. Sector Privado

El sector privado esta compuesto por los sectores comercial e industrial. En la comuna, la cantidad de clientes del sector comercial corresponde a 16.672 y 444 para el sector industrial. A su vez, en el sector privado se agrega una categoría llamada “Otros”, la cual agrupa segmentos no clasificados.

En este sector predomina el consumo por parte del área comercial con un 81 % del total, y este a diferencia de los sectores municipal y residencial mantiene el consumo mensual de forma más constante durante el tiempo (ver Figura A.5).

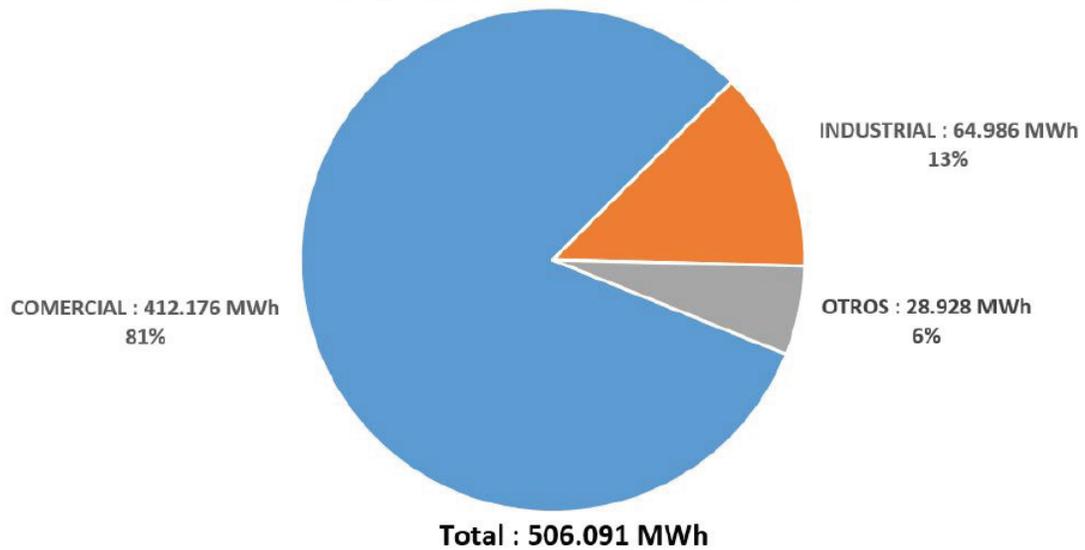


Figura 4.7: Consumo eléctrico del sector privado al año 2014

Fuente: (I. Municipalidad de Providencia, 2016)

4.1.2. Consumo de gas natural por segmentos

La energía calórica en forma de gas natural de la comuna es suministrada por la empresa Metrogas, en donde el número de clientes a los cuales se les debe suministrar gas natural corresponde a 54.412 en total.

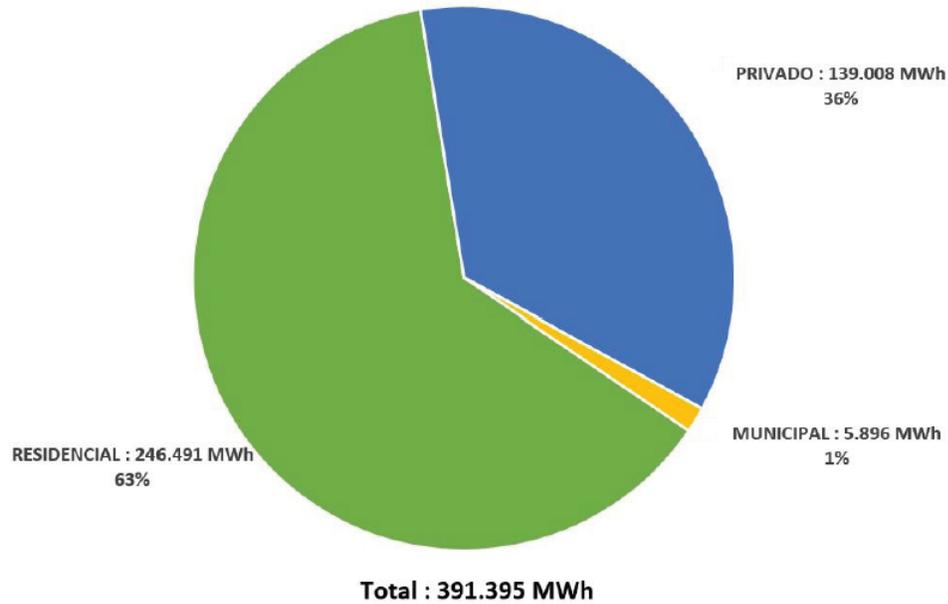


Figura 4.8: Distribución de demanda de gas natural en Providencia al año 2014

Fuente: (I. Municipalidad de Providencia, 2016)

4.1.2.1. Sector Municipal

El consumo térmico del sector municipal está constituido principalmente por edificios administrativos y centros deportivos, siendo el SPA Providencia y el Centro Deportivo Providencia de Santa Isabel los recintos de mayor consumo,

4.1.2.2. Sector Residencial

En el sector residencial se consumieron 246.491 [MWh] durante el año 2014 distribuidos entre 52.506 clientes, siendo el mes de julio el de mayor consumo llegando a 35.524 [MWh] debido principalmente al calentamiento de agua y equipos de calefacción.

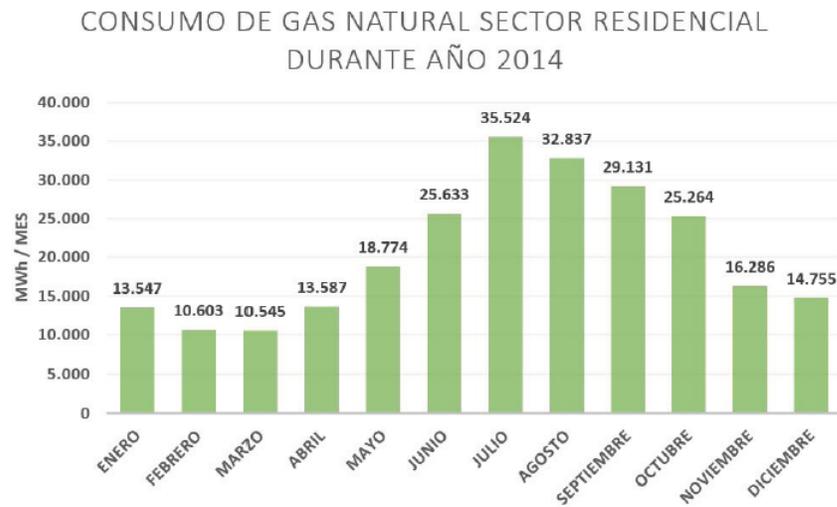


Figura 4.9: Consumo del sector residencial de gas natural en Providencia al año 2014

Fuente: (I. Municipalidad de Providencia, 2016)

4.1.2.3. Sector Privado

El sector privado posee 1.906 clientes en total, en donde 1.904 corresponden al sector comercial y solo dos al sector industrial.

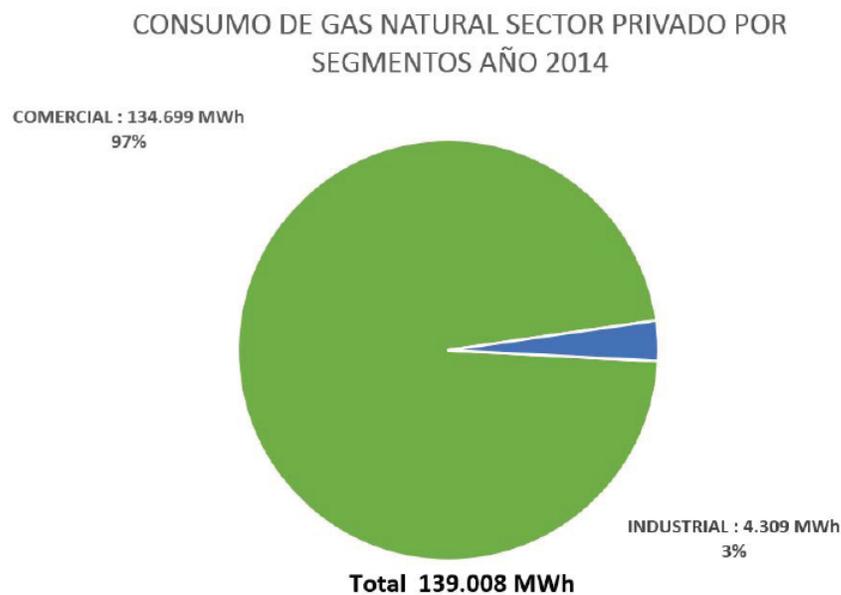


Figura 4.10: Consumo del sector privado de gas natural en Providencia al año 2014

Fuente: (I. Municipalidad de Providencia, 2016)

4.2. Potencial Energético de Providencia

El potencial energético se define como la energía que se puede producir y aprovechar teóricamente a partir de fuentes de energía del área como radiación solar, viento, biomasa, etc.

El potencial energético se puede dividir en dos partes:

- **Potencial Teórico:** es la cuantificación total de la oferta energética teórica disponible, sin considerar restricciones.
- **Potencial Factible:** Se toman en consideración las restricciones técnicas, legales y sociales, las cuales son descontadas del potencial teórico.

4.2.1. Potencial Solar

La comuna de Providencia cuenta con un área aproximada de $7,8[km^2]$ en donde es posible establecer instalaciones solares. En esta área es posible instalar tanto paneles solares fotovoltaicos como paneles solares térmicos.

En la Figura 4.11 se muestra el consumo y la producción de energía solar de ambas tecnologías (fotovoltaica y térmica) considerando la instalación de solo una de ellas en la totalidad del área.

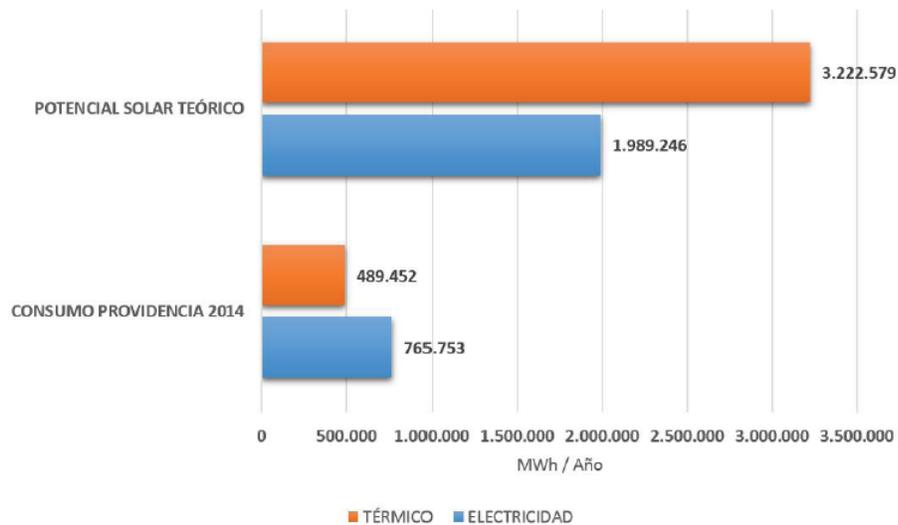


Figura 4.11: Comparación consumo de Providencia y producción solar individual por tecnología

Fuente: (I. Municipalidad de Providencia, 2016)

4.2.1.1. Potencial solar fotovoltaico por segmentos

En la Figura 4.12 es posible ver el potencial fotovoltaico factible de la comuna de Providencia una vez consideradas las restricciones de instalación y los factores de pérdida asociados a los lugares disponibles para la instalación de los paneles solares.

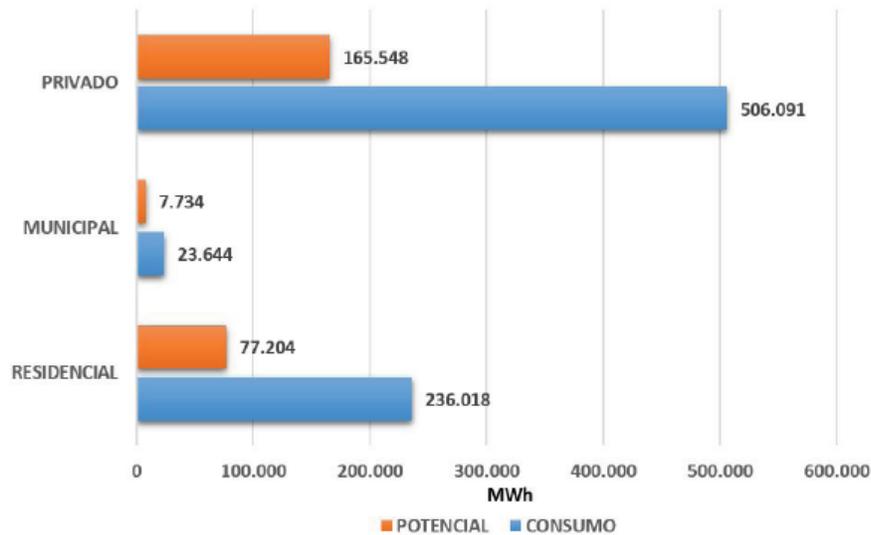


Figura 4.12: Comparación consumo de Providencia al año 2014 con el potencial solar fotovoltaico factible por segmentos

Fuente: (I. Municipalidad de Providencia, 2016)

A partir de la Figura 4.12 se desprende que la sola instalación de paneles fotovoltaicos en la comuna de Providencia no lograría cubrir la demanda eléctrica de toda la comuna en ninguno de sus segmentos.

4.2.1.2. Potencial solar térmico por segmentos

Una vez consideradas las restricciones de instalación de los paneles solares térmicos se obtiene el potencial solar térmico factible de la comuna de Providencia (ver Figura 4.13), en donde es posible notar que la sola instalación de esta tecnología lograría cumplir con la demanda de energía térmica de la comuna en los sectores municipal y privado, en cambio en el sector residencial solo llegaría a cubrir el 42,5 % del total.

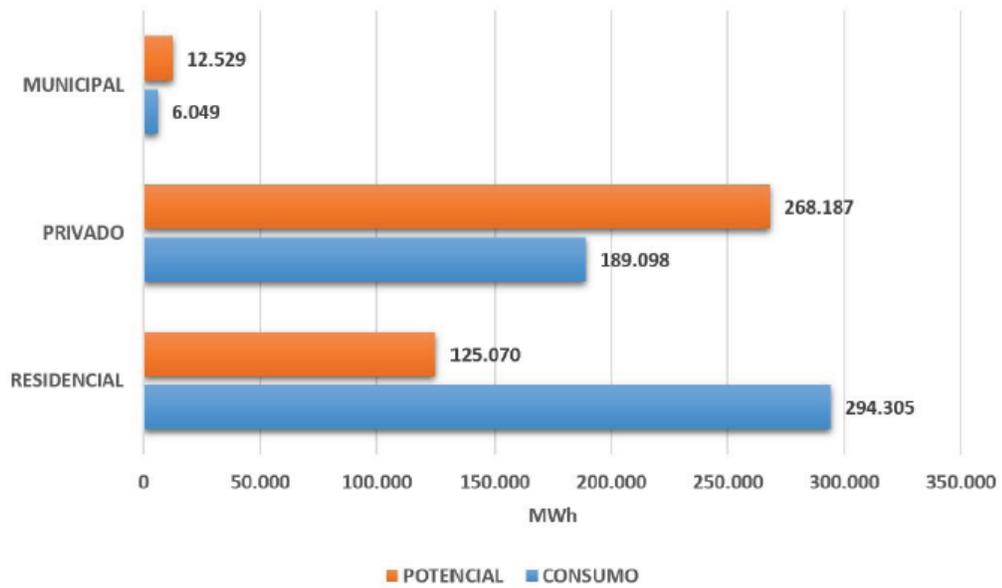


Figura 4.13: Comparación consumo de Providencia al año 2014 con el potencial solar térmico factible por segmentos

Fuente: (I. Municipalidad de Providencia, 2016)

4.2.2. Potencial Biomasa

4.2.2.1. Reciclaje de la biomasa

En la comuna de Providencia se realiza una cantidad mínima de reciclaje en comparación con la capacidad teórica que esta tiene.

Las principales fuentes de reciclaje provienen a partir de residuos orgánicos, vidrio y papel, superando en más de 1,000 toneladas al plástico y tetrapak.

Al año 2014 el reciclaje de la comuna correspondía a un 4,4 % del potencial teórico, ver Figura 4.14

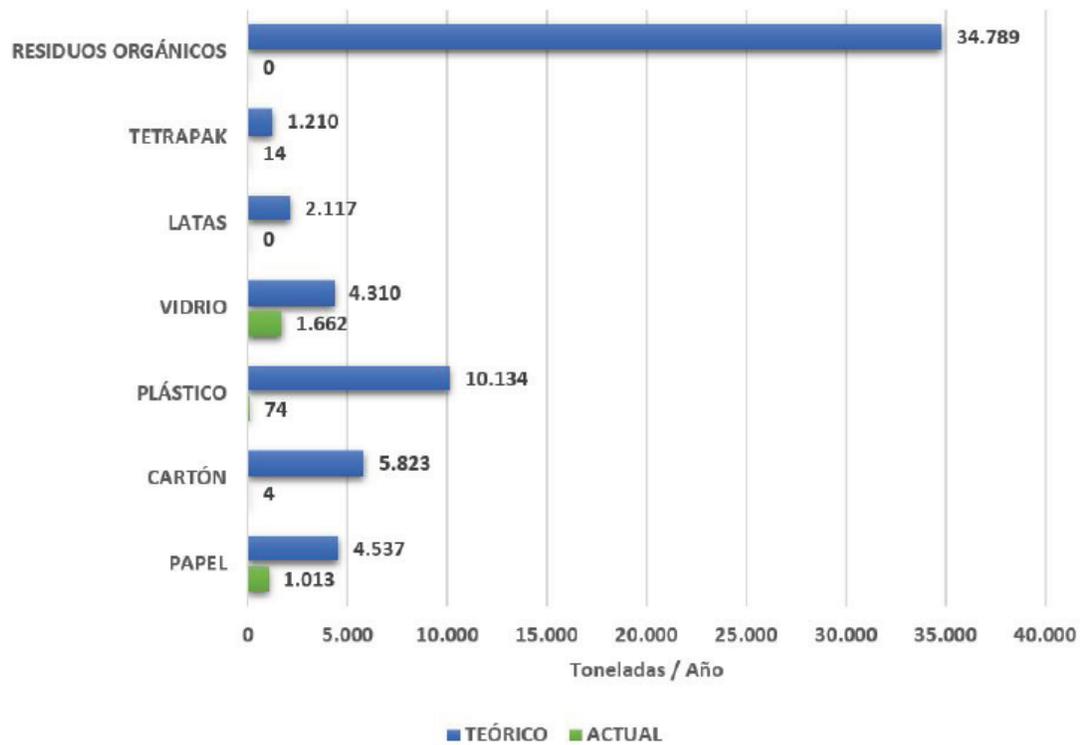


Figura 4.14: Comparación de las toneladas recicladas al año 2014 y el potencial total disponible de toneladas producidas

Fuente: (I. Municipalidad de Providencia, 2016)

4.2.2.2. Potencial energético de la biomasa

La energía que se puede extraer, a través de residuos orgánicos, se divide en energía térmica y eléctrica producto de la quema de metano. En la Figura 4.15 se muestran los potenciales energéticos actuales y teóricos de la biomasa.

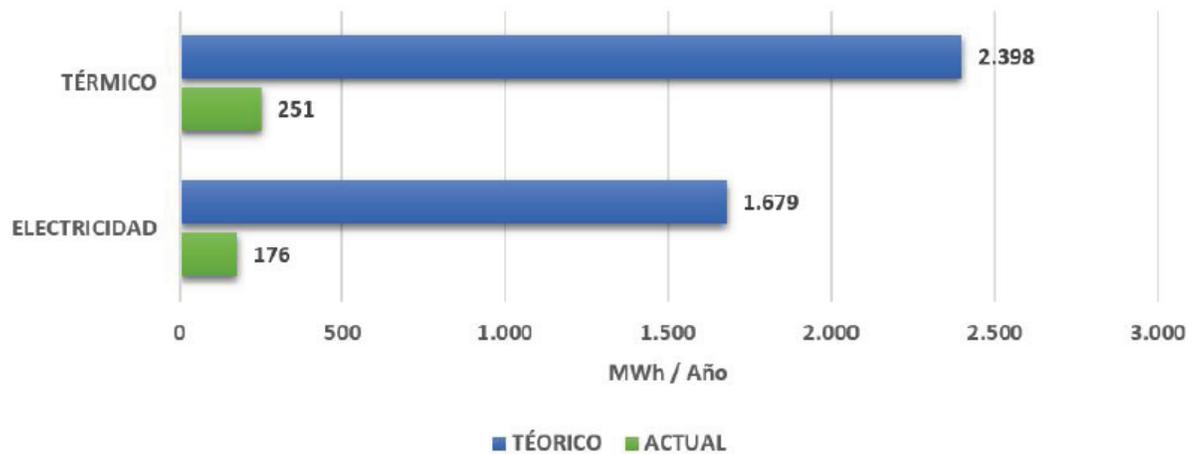


Figura 4.15: Potencial energético de la biomasa por tipo de energía generada

Fuente: (I. Municipalidad de Providencia, 2016)

4.2.3. Potencial energético de eficiencia energética de la comuna

El potencial de eficiencia energética corresponde principalmente a la adaptación de diferentes políticas de gestión de la energía y recambio de artefactos por unos más eficientes. En la Figura 4.16 se considera como consumo nuevo si se adoptaran todas las medidas de ahorro energético propuestas en el plan de acción de eficiencia energética 2020.

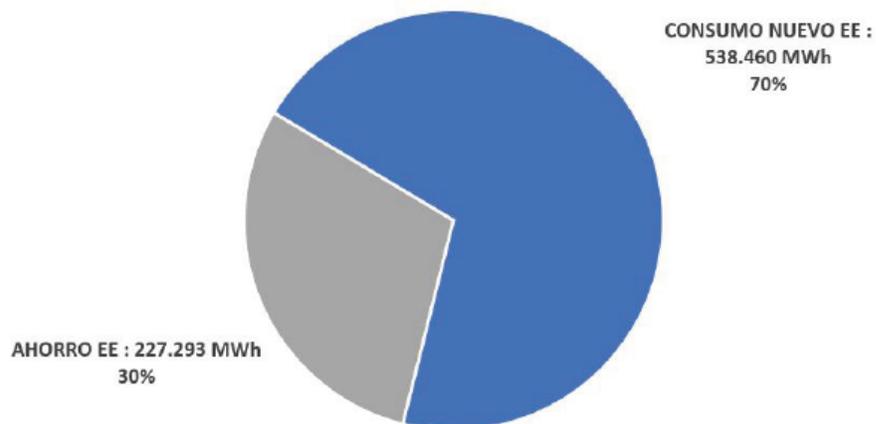


Figura 4.16: Reducción potencial del consumo eléctrico total de la comuna

Fuente: (I. Municipalidad de Providencia, 2016)

En la Figura 4.17 se pueden apreciar el consumo actual, el consumo nuevo y el ahorro de energía eléctrica en cada sector de la comuna. El segmento con mayor potencial de ahorro es el sector residencial con un 30,7 %.

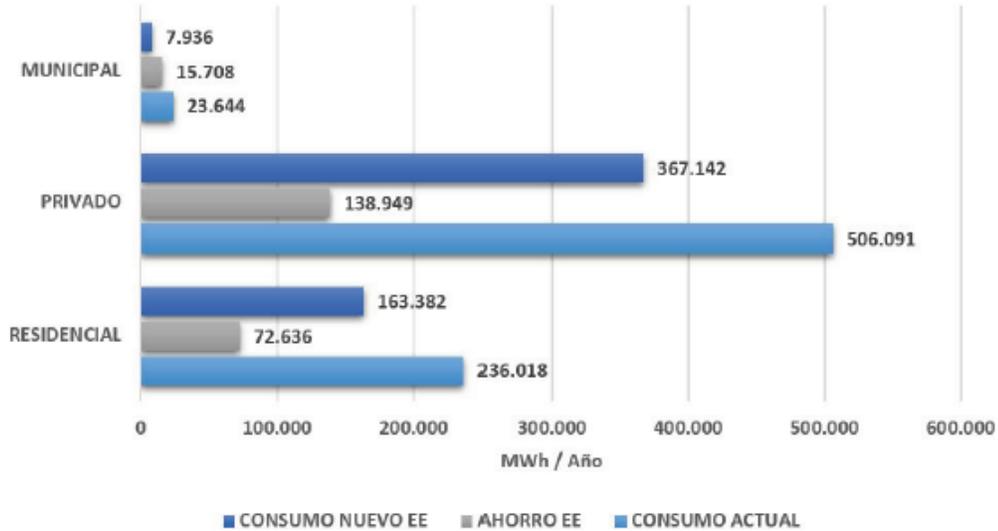


Figura 4.17: Reducción potencial del consumo total eléctrico de la comuna por segmentos

Fuente: (I. Municipalidad de Providencia, 2016)

4.2.4. Balance de CO_2 por emisiones en la comuna

Para considerar la cantidad de emisiones de CO_2 que produce la comuna al utilizar fuentes de energía no renovable se deben considerar tanto las emisiones indirectas como las directas. Las emisiones indirectas corresponden al consumo de electricidad y no se consideran las emisiones provenientes del transporte debido a que no existen datos. Por otro lado, las emisiones directas corresponden al uso de gas natural y GLP dentro de la comuna.

En la Figura 4.18 es posible ver que la mayor cantidad de emisiones corresponden al uso de energía eléctrica con un 73 %.

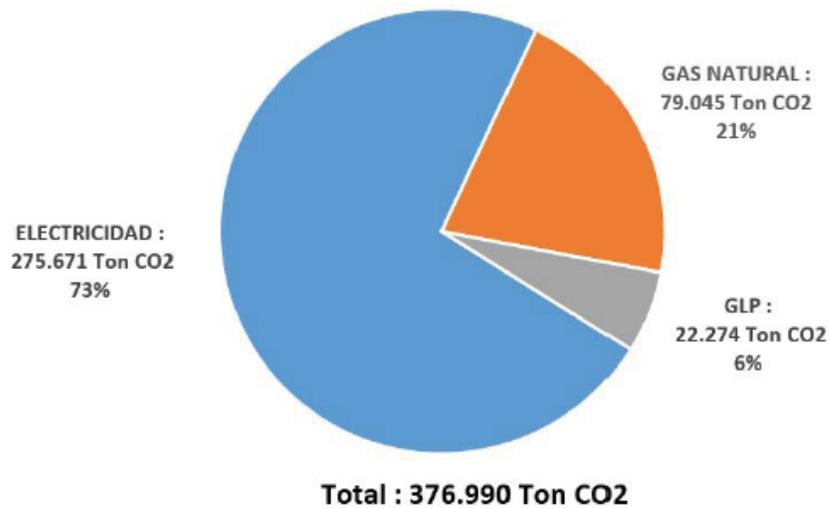


Figura 4.18: Balance de dióxido de carbono total en la comuna por tipo de consumo

Fuente: (I. Municipalidad de Providencia, 2016)

4.3. Visión

“Providencia, comuna líder en la utilización eficiente de sus recursos, generando energía limpia, renovable y sustentable. A través de la educación, los actores locales están conscientes de la importancia de la energía, y se involucran activa y asociativamente en este proceso”

Para la definición de la visión de la EEL de la comuna se consideró la participación de diferentes actores locales en distintos talleres participativos y encuestas. Además, de manera complementaria, la visión fue trabajada y consensuada por representantes de la Municipalidad de Providencia.



Figura 4.19: Mapa de palabras claves en la visión energética comunal

Fuente: (I. Municipalidad de Providencia, 2016)

En esta visión, el gobierno local fomenta y asume su rol de liderazgo, para que Providencia pueda generar energía con sus propios recursos. Energía limpia, baja en emisiones de CO_2 , proveniente de fuentes renovables y sustentable en el tiempo.

A su vez, los actores de la comuna se encuentran conscientes y convencidos de que la energía accesible y segura es un motor fundamental para el desarrollo de Providencia.

4.4. Metas

Las metas establecidas se plantean en un horizonte de 15 años, buscando superarlas en el año 2030.

La municipalidad de Providencia ha establecido 3 metas:

1. Reducir en un 50 % las emisiones de CO_2 comunal: Esta reducción debe ser por unidad de PIB de energía eléctrica y térmica consumida por la comuna en base al año 2014.

La reducción de emisiones implica que al año 2030:

- El sector municipal debe abastecerse en un 10 % de energía renovable a partir de fuentes locales, el sector residencial en un 20 % y el privado deberá alcanzar un 15 % de fuentes de energías

limpias locales.

- El sector municipal debe disminuir su consumo en un 45 % implementando medidas de eficiencia energética, el sector residencial y el sector privado en un 30 %.
2. Incluir en las decisiones energéticas la participación de los actores involucrados: La incorporación de la ciudadanía en la gestión pública es un elemento importante para la descentralización y democratización de los proceso de transferencia de información y la toma de decisiones locales.
 3. Contar con un 100 % de ciudadanos sensibilizados en temáticas energéticas: Una participación efectiva de la ciudadanía debe cubrir tanto aspectos de opinión y decisión como de acceso a la información. Al año 2030 se asegurará un acceso a la información de manera oportuna, clara, completa y transparente para toda la población de Providencia.

4.5. Plan de Acción

El plan de acción de la estrategia energética de la comuna de Providencia consiste en un conjunto de acciones concretas que buscan estrechar la brecha que existe entre la realidad energética de la comuna y la visión energética de esta, apostando por medidas a realizarse en el corto y mediano plazo.

La estructura del plan de acción consta de ejes estratégicos, lineamientos, programas y acciones.



Figura 4.20: Diagrama de estructura plan de acción

Fuente: (I. Municipalidad de Providencia, 2016)

4.5.1. Ejes Estratégicos

La estrategia energética local de Providencia establece cuatro ejes principales, establecidos en la construcción de la visión de esta, en cada uno de ellos se desarrollan más de 50 propuestas de acción levantadas en las instancias participativas de la EEL.

4.5.1.1. Eje Energía Limpia

El diagnóstico energético de la comuna de Providencia deja expuesto claramente la dependencia de la comuna del Sistema Interconectado Central, contribuyendo al proceso de cambio climático debido a las emisiones de CO_2 . Además, no existen fuentes de energía locales o renovables, y de existir, las cantidades son marginales.

Los objetivos principales de este eje son: impulsar energías renovables utilizando recursos locales y orientar el transporte hacia la movilidad sustentable.

4.5.1.2. Eje Gestión y Cultura Energética

La planificación y la correcta gestión de la energía apuntan a obtener formas más eficientes del consumo de esta, realizando así un análisis crítico de su utilización.

La participación ciudadana y el correcto entendimiento de la problemática energética permitirán a la comunidad obtener un rol de responsabilidad y preocupación por los efectos del consumo energético.

4.5.1.3. Eje Ciudadanía y Pobreza Energética

La ciudadanía cumple un rol fundamental dentro de los propósitos de la EEL, no solo como un actor de la comuna, sino que como el actor clave al momento de promover proyectos, demandar iniciativas y generar cambios de todo ámbito. Es por esto que se requiere fortalecer e impulsar su rol de manera activa y participativa.

Por otro lado, Chile presenta uno de los precios más altos del mundo en materia de energía, afectando de manera explícita el progreso económico y social de muchas familias. Bajo esta realidad, el gobierno central ha establecido la pobreza energética como una temática que debe ser abordada en la planificación energética.

La pobreza energética hace alusión a la calidad, confort, acceso y a la relación ingreso-gasto en energía.

4.5.1.4. Eje Educación e Innovación

Para que la sociedad adquiriera una conciencia energética real, apostando por un consumo racional, buen uso de los recursos y la importancia de la incorporación de fuentes renovables en el desarrollo energético se requieren acciones reales y concretas que afecten la conciencia de la sociedad. Entonces, la educación surge como un motor de generación de cambios conductuales y la creación de cultura energética.

La educación e innovación buscan obtener temáticas energéticas más dinámicas dentro de la comuna, promoviendo diferentes iniciativas, capacitando y generando alianzas. Pero también busca generar ciudadanos más informados y empoderados, que sean capaces de comprender y proponer proyectos energéticos.

La innovación por su parte, permite abrirse a nuevas iniciativas y propuestas novedosas para el desarrollo energético comunal.

5 | Análisis y Desarrollo

5.1. Identificación de Proyectos

Para generar un MRV adaptado al contexto energético en el cual se encuentra inmersa la comuna de Providencia es necesario identificar y definir a qué proyectos del plan de acción de la EEL se le pueden aplicar metodologías de seguimiento, para así poder cuantificar el impacto que tienen en la generación de GEI.

Los diferentes proyectos presentados se separan en acciones de plazo inmediato, desde la publicación de la EEL, corto plazo, desde su publicación hasta el año 2017, mediano plazo, 2017 - 2020 y proyectos de largo plazo, los cuales deben ejecutarse antes del año 2030.

Tabla 5.1: Tiempo estimado de ejecución de los proyectos

Tipo	Plazo
Inmediato	Publicación EEL
Corto Plazo	Desde publicación hasta 2017
Mediano Plazo	2017 - 2020
Largo Plazo	2020 - 2030

Fuente: Elaboración propia

5.1.1. Eje Energía Limpia

El eje energía limpia consta de 16 acciones o proyectos que buscan generar cambios dentro de la comuna de Providencia, en la Figura 5.1 se detallan los lineamientos, programas y acciones de este eje.

Movilidad sustentable	Promoción de transporte no motorizado	A1	Aumentar ciclovías
		A2	Implementar estacionamientos para bicicletas
		A3	Reimpulsar espacios seguros para la movilidad (zonas 30)
		A4	Promover tránsito peatonal
		A5	Ampliar conectividad entre barrios más concurridos
	Electro-movilidad	A6	Promover la electro-movilidad
		A7	Reimpulsar la flota eléctrica municipal
	Gestión de transporte	A8	Desarrollar página web auto compartida con aplicaciones móviles
		A9	Incorporar modelo de gestión de transporte municipal
		A10	Ejecutar campaña de responsabilidad en movilidad sustentable
Generación con recursos locales	Disminución de brechas entre oferta y demanda	A11	Disminuir brechas entre oferta y demanda
		A12	Fomentar y subsidiar ERNC y EE a los vecinos
	Promover infraestructura	A13	Incorporar energía solar fotovoltaica en edificios municipales
		A14	Instalar colectores solares en todas las piscinas y gimnasios municipales
		A15	Investigar la utilización de biomasa para generación de energía
		A16	Informar sobre financiamiento de instalación de ERNC

Figura 5.1: Listado de lineamientos, programas y acciones del eje energía limpia
Fuente: Elaboración Propia

5.1.2. Eje Gestión y Cultura Energética

El eje gestión y cultura energética esta compuesto de 15 acciones que se dividen entre los sectores municipales, residenciales y privados. En la Figura 5.2 se representan los lineamientos, programas y acciones de este eje.

Planificación y eficiencia energética	Mejoramiento y recambio tecnológico	A17	Recambio de alumbrado público
		A18	Adquirir equipamiento municipal con sello eficiente.
		A19	Cambiar iluminación de edificios municipales.
		A20	Promover adquisición de insumos de eficiencia energética en sector residencial.
		A21	Impulsar mejoras en climatización e iluminarias en sector residencial.
		A22	Promover calificación energética de viviendas.
		A23	Promover estándares de construcción sustentable.
	Normativa	A24	Implementar sistema de gestión de la energía en el municipio.
		A25	Proponer al consejo municipal la incorporación de temas energía sustentable en ordenanzas municipales.
	Administración y coordinación	A26	Crear comité energético municipal (técnico)
A27		Crear instancias de trabajo con el sector residencial y privado.	
28		Implementar Smart Grid (Medidores inteligentes) municipales y promover a nivel residencial.	
Sensibilización	Sensibilización	A29	Medición y publicación de la huella de carbono municipal.
		A30	Otorgar información masiva, oportuna y transparente de consumo municipal.
		A31	Realizar campañas de difusión en materias energéticas de y de la estrategia local.

Figura 5.2: Listado de lineamientos, programas y acciones del eje gestión y cultura energética

Fuente: Elaboración Propia

5.1.3. Eje Ciudadanía y Pobreza Energética

El eje ciudadanía y pobreza energética tiene 13 acciones representadas en la Figura 5.3 junto con los lineamientos y los programas.

Asociatividad	Asociatividad	A32	Promover el desarrollo corporativas energéticas.
		A33	Aumentar el número de actores involucrados y en conocimiento de la EEL
Participación e involucramiento	Participación e involucramiento	A34	Premiar las buenas en materias energéticas.
		A35	Premiar las buenas practicas energéticas.
		A36	Ferias de EE y ERNC.
		A37	Instaurar página web referente a la EEL.
		A38	Concientizar a los usuarios municipales.
Pobreza energética	Acceso y calidad	A39	Generar línea base con indicadores sobre acceso y calidad de los servicios de energéticos.
		A40	Brindar información clara y oportuna sobre el financiamiento de acceso y calidad.
		A41	Desarrollar programas de mejorar térmicas para hogares que no alcancen los estándares familiares.
	Disminución de proporción entre ingreso económico y gasto en consumo energético	A42	Contar con estadísticas e indicadores públicos sobre necesidades energéticas básicas y gasto promedio según el nivel familiar.
		A43	Definir la porción máxima que una familia debería destinar en el pago de energía según la realidad del país.
		A44	Identificar instrumentos para reducir el gasto energético familiar.

Figura 5.3: Listado de lineamientos, programas y acciones del eje ciudadanía y pobreza energética

Fuente: Elaboración Propia

5.1.4. Eje Educación e Innovación

El eje educación e innovación energética consta de 11 acciones representadas en la Figura 5.4 junto con los lineamientos y los programas.

Educación y Capacitación.	Educación y capacitación	A45	Realizar talleres educativos constantes en recintos educacionales.
		A46	Capacitar distintas entidades de la ciudadanía y actores claves en la toma de decisiones.
		A47	Expandir programas de Eco-Alfabetización
		A48	Capacitar a funcionarios de la municipalidad.
		A49	Crear y capacitar embajadores verdes.
		A50	Modificar e incorporar temática energética en el plan de desarrollo de la educación municipal.
	Innovación y Emprendimiento.	A51	Concursos entre vecinos sobre ERNC y EE.
		A52	Promover que las empresas innoven en materias de mitigación y energías en la comuna.
		A53	Generar alianzas estratégicas con centros y laboratorios de innovación.
		A54	Fomentar la aplicación de nuevas estrategias articulando incentivos pilotos.
		A55	Articular I+D en universidades y centros de investigación de la comuna.

Figura 5.4: Listado de lineamientos, programas y acciones del eje educación e innovación energética

Fuente: Elaboración Propia

5.2. Discriminación de Proyectos

Al realizar un análisis de cada uno de los ejes, programas y proyectos que se encuentran en la EEL de la comuna de Providencia, es posible clasificar las iniciativas en tres tipos:

- Proyectos sin seguimiento
- Proyectos de seguimiento de avance
- Proyectos de cuantificación de reducción de emisiones

5.2.1. Proyectos sin Seguimiento

Corresponde a los proyectos a los cuales no se les puede realizar un seguimiento real durante su ejecución, debido a que no tienen plazo definido (ejecución inmediata) o porque no es posible o es muy difícil cuantificarlas.

1. Eje Energía Limpia

- **A3 Reimpulsar espacios seguros para la movilidad (Zonas 30):** La disminución de la velocidad y el buen comportamiento en ciertos espacios no entregan datos concretos con respecto a la reducción de GEI.
- **A4 Promover tránsito peatonal:** Si bien el aumento del tránsito peatonal será una ayuda en la reducción de GEI, es muy difícil, o casi imposible, determinar el número de peatones que ha realizado el cambio de un vehículo convencional a la movilización a pie, considerando el gran número de población flotante de la comuna.
- **A5 Ampliar conectividad entre barrios más concurridos:** Esta iniciativa podría incluso conllevar a un aumento en las emisiones de GEI.
- **A6 Promover la electro-movilidad:** Es tarea del gobierno impulsar tareas y sistemas eléctricos de transporte dentro de Santiago (no solo Providencia), de hecho ya existen modelos de TRANSANTIAGO eléctricos dentro de la ciudad.
- **A8 Desarrollar página web auto compartida con aplicaciones móviles:** No es un proyecto que implique directamente en la mitigación de GEI.
- **A10 Ejecutar campaña de responsabilidad en movilidad sustentable:** Para tener conocimiento sobre el entendimiento de la población sobre este tipo de temas la municipalidad deberá realizar

encuestas, a lo cual es posible que se oponga.

- **A11 Disminuir brechas entre oferta y demanda:** El proyecto busca articular un mecanismo que permita agrupar la demanda por insumos de EE y ERNC, para así poder disminuir sus costos. Esto puede traer problemas de doble contabilidad de emisiones de CO_2 .
- **A15 Investigar la utilización de biomasa para generación de energía:** El objetivo de este MRV es generar un estudio, no implementar una planta de biomasa.
- **A16 Informar sobre financiamiento de instalación de ERNC:** AL igual que el proyecto A10 es necesario realizar encuestas para comprender el estado de conocimiento de la población.

2. Eje Gestión y Cultura energética

- **A20 Promover la adquisición de insumos de eficiencia energética en el sector residencial:** Se puede promover todo tipo de actividad que sea beneficiosa para la disminución de GEI, pero para obtener información de si estas actividades están o no causando el impacto deseado es necesario realizar encuestas.
- **A21 Impulsar mejoras en climatización e iluminarias en sector residencial:** Se puede promover todo tipo de actividad que sea beneficiosa para la disminución de GEI, pero para obtener información de si estas actividades están o no causando el impacto deseado es necesario realizar encuestas.
- **A22 Promover calificación energética de viviendas:** Se puede promover todo tipo de actividad que sea beneficiosa para la disminución de GEI, pero para obtener información de si estas actividades están o no causando el impacto deseado es necesario realizar encuestas.
- **A23 Promover estándares de construcción sustentable:** Para determinar la metodología es necesario simular un edificio promedio antiguo dentro de la ciudad como línea base lo cual es muy complejo.
- **A24 Implementar sistema de gestión de la energía en el municipio:** La implementación de un SGE ayuda a la disminución de GEI, pero al implementar diferentes tipos de medidas (EE y ERNC) no es posible determinar cuanto corresponde directamente al SGE por sí solo.
- **A25 Proponer al consejo municipal la incorporación de temas de energía sustentable en ordenanzas municipales:** Esta medida no tiene un impacto directo o indirecto a la disminución de GEI, debido a que proponer temas dentro del consejo municipal no implica que sean adoptadas.

- **A26 Crear comité energético municipal (técnico):** La implementación del comité energético solo entregaría indicadores de gestión, pero no un dato concreto sobre la reducción de emisiones.
- **A27 Crear instancias de trabajo con el sector residencial y privado:** Se puede promover todo tipo de actividad que sea beneficiosa para la disminución de GEI, pero para obtener información de si estas actividades están o no causando el impacto deseado es necesario realizar encuestas.
- **A28 Implementar Smart Grid municipales y promover a nivel residencial:** Problemas en la obtención de información para la aplicación y seguimiento de estos tanto a nivel municipal como residencial.
- **A29 Medición y publicación de la huella de carbono municipal:** La aplicación de esta iniciativa sirve como principal insumo para futuros MRV.
- **A30 Otorgar información masiva, oportuna y transparente de consumo municipal:** Se puede promover todo tipo de actividad que sea beneficiosa para la disminución de GEI, pero para obtener información de si estas actividades están o no causando el impacto deseado es necesario realizar encuestas.
- **A31 Realizar campañas de difusión en materias energéticas de la estrategia local:** Se puede promover todo tipo de actividad que sea beneficiosa para la disminución de GEI, pero para obtener información de si estas actividades están o no causando el impacto deseado es necesario realizar encuestas.

3. Eje Ciudadanía y Pobreza energética

- **A32 Promover el desarrollo de corporativas energéticas:** Al igual que los Smart Grid, existen problemas con la obtención de la información para la aplicación y el seguimiento de las corporativas energéticas
- **A33 Fortalecer el desarrollo energético de la coordinación vecinal:** Se puede promover todo tipo de actividad que sea beneficiosa para la disminución de GEI, pero para obtener información de si estas actividades están o no causando el impacto deseado es necesario realizar encuestas.
- **A34 Aumentar el número de actores involucrados y en conocimiento de la EEL:** Se puede promover todo tipo de actividad que sea beneficiosa para la disminución de GEI, pero para obtener información de si estas actividades están o no causando el impacto deseado es necesario realizar encuestas.
- **A35 Premiar las buenas prácticas energéticas:** Es muy difícil obtener datos históricos de

empresas privadas dentro de la comuna, debido a las políticas de confidencialidad que estas tienen.

- **A36 Ferias de EE y ERNC:** Al igual que muchas otras iniciativas que aportan a nivel cultural dentro de la comuna, no tienen un impacto medible o de seguimiento para efectos del MRV que se está diseñando.
- **A37 Instaurar página web referente a la EEL:** La instauración de la página sirve como medio informativo para la ciudadanía, para esto es necesario mantenerla actualizada. Para efectos del MRV que se diseña no se toma en consideración.
- **A38 Concientizar a los usuarios municipales:** Es difícil cuantificar el impacto de reducción de emisiones de esta iniciativa sin generar problemas de doble contabilidad con otras iniciativas.
- **A39 Generar línea base con indicadores sobre acceso y calidad de los servicios energéticos:** La línea base es uno de los insumos principales para el diseño del MRV, por lo que no se debe considerar como un proyecto.
- **A40 Brindar información clara y oportuna sobre el financiamiento de acceso y calidad:** Una vez entregada la información, para tener en consideración cuantos ciudadanos son lo que conocen claramente sobre el financiamiento de acceso y calidad es necesario realizar encuestas, por lo que se descarta para este estudio.
- **A41 Desarrollar programas de mejoras térmicas para hogares que no alcancen los estándares familiares:** Una mejora en el confort térmico implica un mayor consumo de energía, lo que equivale a mayor cantidad de emisiones.
- **A42 Contar con estadísticas e indicadores públicos sobre necesidades energéticas básicas y gasto promedio según el nivel familiar:** La obtención de esta información y los planes de acción a seguir son responsabilidad del gobierno y no de la municipalidad, esta solo puede entregar un apoyo para su generación.
- **A43 Definir la porción máxima que una familia debería destinar en el pago de energía según la realidad del país:** La obtención de esta información y los planes de acción a seguir son responsabilidad del gobierno y no de la municipalidad, esta solo puede entregar un apoyo para su generación.
- **A44 Identificar instrumentos para reducir el gasto energético familiar:** La obtención de esta información y los planes de acción a seguir son responsabilidad del gobierno y no de la

municipalidad, esta solo puede entregar un apoyo para su generación.

4. Eje Educación e Innovación

- **A46 Capacitar distintas entidades de la ciudadanía y actores claves en la toma de decisiones:** Para entender que tan informada y/o capacitada se encuentra la ciudadanía es necesario generar encuestas.
- **A47 Expandir programas de Eco-Alfabetización:** Se deben generar encuestas para poder documentar la realidad sobre la EE en los programas escolares.
- **A49 Crear y capacitar embajadores verdes:** Si bien hoy en día los "influencers" mueven muchas masas, es muy difícil documentar que tan sensible es la población frente a estos temas.
- **A52 Promover que las empresas innoven en materias de mitigación y energías en la comuna:** Es muy difícil mantener un control de las empresas que se encuentran involucradas.
- **A53 Generar alianzas estratégicas con centros de laboratorios de innovación:** Las alianzas con diferentes tipos de centros de estudios son muy importantes para el avance de la comuna, pero no demuestran un impacto directo en la mitigación de GEI, y de haberlas puede generar problemas de doble contabilidad.
- **A54 Fomentar la aplicación de nuevas estrategia articulando incentivos pilotos:** No tiene impacto directo con la mitigación de GEI y puede producir problemas de doble contabilidad.
- **A55 Articular I+D en universidades y centros de investigación de la comuna:** Las alianzas con diferentes tipos de centros de estudios son muy importantes para el avance de la comuna, pero no demuestran un impacto directo en la mitigación de GEI, y de haberlas puede generar problemas de doble contabilidad.

5.2.2. Proyectos de Seguimiento

Estos proyectos corresponden a los que, si bien no se pueden cuantificar las disminuciones de GEI, pueden tener un seguimiento en base a diferentes tipos de factores como avance, cantidad, etc.

La metodología de seguimiento se describe en la Subsección 5.3.1

1. Eje Energía Limpia

- **A1 Aumentar ciclovías:** El aumento de la cantidad de ciclovías es un incentivo a dejar de lado el uso de vehículos convencionales, por lo que teóricamente existe una disminución en las emisiones

de GEI. Pero, el problema para poder cuantificar estas emisiones está en determinar la cantidad de ciclistas nuevos y los usuarios antiguos. Por lo tanto, solo se realizará un seguimiento de avance de esta iniciativa.

- **A2 Implementar estacionamientos para bicicletas:** Al igual que la iniciativa A1, corresponde a un incentivo para la población a dejar de utilizar un medio de transporte convencional y comenzar a utilizar las bicicletas como único medio de transporte. Sin embargo, se produce exactamente el mismo problema. Por ende, solo se realizará un seguimiento de avance de esta iniciativa.
- **A9 Incorporar modelo de gestión de transporte municipal:** EL cálculo de la reducción de emisiones de esta iniciativa puede generar un problema de doble contabilidad. En base a esto, solo se realiza seguimiento y no contabilización de emisiones.
- **A12 Fomentar y subsidiar ERNC y EE a los vecinos:** El fomento y subsidio de iniciativas de ERNC y EE por parte de la municipalidad hacia los vecinos de la comuna no implica que estos se lleven a cabo en su totalidad o que realmente funcionen. Es por esto que en primera instancia solo se debe realizar un seguimiento de estas iniciativas.

2. Eje Educación e Innovación

- **A45 Realizar talleres educativos constantes en recintos educacionales:** La realización de talleres no tiene un impacto directo en la reducción de GEI en el corto plazo. Por ello, solo se realizará un seguimiento de esta iniciativa.
- **A48 Capacitar a funcionarios de la municipalidad:** Evidenciar la cantidad de trabajadores municipales conscientes de las campañas realizadas por la comuna.
- **A50 Modificar e incorporar temática energética en el plan de desarrollo de la educación municipal:** Contabilizar la cantidad de establecimientos educacionales que cuentan con temáticas energéticas en sus planes de estudio.
- **A51 Concursos entre vecinos sobre ERNC y EE:** Cuantificar la cantidad de proyectos y vecinos involucrados en el concurso en comparación a otros años.

5.2.3. Proyectos de Seguimiento y Cuantificación de emisiones

Estos proyectos corresponden a aquellos que la información es de fácil acceso o de fácil recopilación. A estas iniciativas es posible adaptar alguna metodología existente en CMD METHODOLOGY

BOOKLET.

La metodología a utilizar en cada uno de los proyectos se detalla en Subsección 5.3.2.

1. Eje Energía Limpia

- **A7 Reimpulsar la flota eléctrica municipal**
- **A13 Incorporar energía solar fotovoltaica en edificios municipales**
- **A14 Instalación de colectores solares en todas las piscinas y gimnasios municipales**

2. Eje Gestión y Cultura energética

- **A17 Recambio de alumbrado público**
- **A18 Adquirir equipamiento municipal con sello eficiente**
- **A19 Cambiar iluminación de edificios municipales**

5.3. Metodología

5.3.1. Seguimiento de Proyectos

Para realizar el seguimiento de cada una de las iniciativas se han propuesto diferentes tipos de indicadores, los cuales podrán demostrar cuantitativamente el avance del proyecto, impacto de este en la comunidad y la interacción de los vecinos con las diferentes iniciativas.

1. Eje Energía Limpia

- **A1 Aumentar ciclovías**
 - Número de viajes realizados en diferentes puntos de la red de ciclovías existente: Por medio de la utilización de contadores de ciclistas instalados en diferentes puntos de la red de ciclovía existente en la comuna de Providencia, es posible determinar cuantos usuarios utilizan la red, como también las redes más utilizadas.
 - Extensión de infraestructura para el transporte no motorizado en un determinado año (kilómetros construidos en un año): Cuantificar los kilómetros construidos de ciclovías a lo largo de la comuna de Providencia en contraste con los kms estipulados al inicio del periodo.
- **A2 Implementar estacionamientos para bicicletas**

- Cantidad de bicicleteros construidos en un año determinado: Determinar el porcentaje de avance de la construcción de los diferentes bicicleteros dentro de la comuna en comparación con lo esperado.
- Tiempo promedio de bicicletero no utilizado: Determinar el tiempo de utilización de las estaciones permitirá conocer que puntos dentro de la comuna contienen mayor concentración de ciclistas.

■ **A7 Reimpulsar la flota eléctrica municipal**

- % de buses eléctricos municipales en comparación a la totalidad de la flota municipal: Mantener información actualizada de la cantidad de buses eléctricos municipales que circulan dentro de la comuna, así como el rendimiento promedio..

■ **A9 Incorporar modelo de gestión de transporte municipal**

- Cantidad de buses municipales disponibles para los vecinos: Obtener información periódica de la cantidad de buses que se encuentran disponibles para la ciudadanía permitirá obtener actualizaciones al modelo de gestión de transporte municipal.
- N° de usuarios promedio en un periodo de tiempo determinado: Con la obtención de esta información es posible determinar si el servicio entregado es atractivo o no para la comuna, así también se pueden tomar decisiones dentro del modelo de gestión de transporte municipal.
- Rendimiento promedio de vehículos municipales (*km/litro*): Al obtener el rendimiento de cada vehículo municipal es posible determinar si estos están siendo utilizados de buena manera, así como también ver posibilidades de recambio o mantención de los vehículos.

■ **A12 Fomentar y subsidiar ERNC y EE a los vecinos**

- Cantidad de proyectos subvencionados por la municipalidad en un periodo determinado: La obtención de esta información permitirá generar un seguimiento de la cantidad de vecinos involucrados en materia de ERNC y EE.
- Total de dinero entregado para proyectos de ERNC y EE en un periodo determinado: Determinar qué porcentaje del presupuesto estimado esta siendo utilizado en proyectos de ERNC y EE gestionado por vecinos de la comuna.

■ **A13 Incorporar energía solar fotovoltaica en edificios municipales**

- % de edificios municipales con paneles solares fotovoltaicos funcionales.

- **A14 Instalación de colectores solares en todas las piscinas y gimnasios municipales**

- % de piscinas y gimnasios municipales con colectores solares funcionales.

2. Eje Gestión y Cultura energética

- **A17 Recambio de alumbrado público**

- Energía ahorrada por recambio de luminarias a tecnología LED: Determinar la efectividad de la implementación de tecnología LED en base a consumo y energía ahorrada..
- % de luminarias LED existente en el alumbrado público: Obtener información relevante a la cobertura de luminarias LED dentro de la comuna.

- **A18 Adquirir equipamiento municipal con sello eficiente**

- % de equipos municipales con sello eficiente: Obtener información relevante de la cantidad de equipos municipales que se ajustan a la implementación de EE.

- **A19 Cambiar iluminación de edificios municipales**

- Energía ahorrada por recambio de luminarias en edificios municipales a tecnología LED: Determinar la efectividad del recambio de luminarias dentro de edificios municipales.
- % de edificios municipales con tecnología LED en luminarias: Cuantificar la cantidad de edificios municipales con tecnología LED.

3. Eje Educación e Innovación

- **A45 Realizar talleres educativos constantes en recintos educacionales**

- Cantidad de talleres realizados en un periodo de tiempo determinado: Obtener información relevante sobre el impacto de la realización de talleres dentro de los diferentes centros educacionales para así tomar decisiones futuras.
- N° de establecimientos educacionales en los cuales se realizan talleres de materia energética: Poder comparar el nivel de sensibilización de los estudiantes de establecimientos educacionales intervenidos con otros establecimientos en materia de ERNC y EE.

- **A48 Capacitar a funcionarios de la municipalidad**

- % de funcionarios capacitados: Determinar el nivel de sensibilización de los funcionarios sobre ERNC y EE y compararlo con los funcionarios no capacitados.

- **A50 Modificar e incorporar temática energética en el plan de desarrollo de la educación municipal**
 - % de colegios municipales con temáticas energéticas en sus planes de estudio: Comparar el comportamiento de los colegios municipales sensibilizados en materia energética con otros colegios presentes dentro de la comuna.
- **A51 Concursos entre vecinos sobre ERNC y EE**
 - N° de proyectos participantes en concursos energéticos: Obtener datos históricos para comparar cada año la cantidad de proyectos.
 - N° de vecinos involucrados en proyectos participantes de concursos energéticos: Determinar el interés de los vecinos de la comuna en materia de ERNC y EE.

5.3.2. Cuantificación de emisiones

Las metodologías a utilizar para cuantificar las emisiones de las diferentes iniciativas corresponden a adaptaciones de las metodologías existentes en [CDM METHODOLOGY BOOKLET](#). Para esto, es necesario conocer la línea base de funcionamiento de cada proyecto para así determinar la mejor metodología a utilizar.

1. Eje Energía Limpia

- **A7 Reimpulsar la flota eléctrica municipal:** La metodología [AMS - III.S Introduction of low-emission vehicles/technologies to commercial vehicle fleets](#) tiene como alcance proyectos que busquen la disminución de emisiones de GEI en vehículos que transporten pasajeros, basándose en el recambio de partes de los vehículos o introduciendo buses de nuevas tecnologías. En este caso, se considera la introducción de nuevos vehículos eléctricos dentro de la flota municipal como proyecto principal.

Para la aplicación de esta metodología se deben identificar parámetros de nivel de servicio como: promedio o totalidad de pasajeros transportados y distancia recorrida promedio por vehículo, considerando un año base.

Las mediciones de esta metodología están limitadas en reducción de emisiones de GEI menores o iguales $60 \text{ kT CO}_2 \text{ eq}$ anualmente.

El cálculo de la línea base de emisiones de GEI generadas por cada vehículo presente en la flota

municipal está dado por:

$$BEF_i = \frac{\sum_j \sum_i D_i \times \eta_{BLV_i} \times NCV_j \times EF_{CO_2,j}}{P_i \times dp_i} \quad (5.1)$$

en donde:

BEF_i = Línea base del factor de emisiones de cada pasajero por kilómetro recorrido del vehículo i (t CO_2 /pasajero km).

P_i = Línea base de pasajeros totales en un año para cada vehículo i (pasajeros).

dp_i = Línea base de distancia promedio anual de transporte de cada persona para cada vehículo i (km).

D_i = Línea base de distancia total recorrida anual por cada vehículo i (km).

η_{BLV_i} = Línea base de eficiencia de combustible para cada vehículo i (Litros/km).

NCV_j = Valor calorífico neto del combustible j (MJ/Litros).

$EF_{CO_2,j}$ = factor de emisión de CO_2 del combustible utilizado por el vehículo de referencia (t CO_2 / MJ)

$$BE_y = \sum P_{i,j,k} \times BEF_i \times dp_{i,y} \quad (5.2)$$

En donde:

$P_{i,j,k}$ = Total de pasajeros anuales transportadas por cada vehículo i en el año y con ruta k .

BE_y = Emisiones totales en el año y , línea base del proyecto (t CO_2 /año).

$dp_{i,y}$ = Distancia promedio de transporte por pasajero del vehículo i en el año y (km)

Para determinar la eficiencia del vehículo (η_{BLV_i}) se toma en consideración que toda la flota municipal corresponde a un único modelo de buses, los cuales fueron adquiridos de forma conjunta. Además, toda la flota serán utilizados solo en la comuna de Providencia, operando en igualdad de condiciones. Por lo tanto, el factor de eficiencia η_{BLV_i} se obtiene directamente de las especificaciones de fábrica, pudiendo ser demostrado si el valor se conserva en las condiciones de operación.

Del mismo modo, el valor calorífico neto (NCV_j) y el factor de emisión de CO_2 ($EF_{CO_2,j}$) del combustible utilizado por el vehículo son obtenidos del [inventario de emisiones de GEI](#) del Ministerio de Energía, los cuales se encuentran en Tabla 5.2.

Tabla 5.2: Factor de emisión por tipo de combustible para vehículos

Tipo Combustible	FE [$kg CO_2/ton$]
Gasolina para vehículos	3,07
Petróleo	3,127

Fuente: Elaboración propia

Una vez calculada la línea base, se procede a determinar las emisiones de GEI de las actividades del proyecto, inclusión de buses eléctricos dentro de la flota municipal.

$$PE_y = \sum_i EC_{i,y} \times EF_{elec} \quad (5.3)$$

En donde:

PE_y = Emisiones totales del proyecto en el año y (t CO_2 / año)

$EC_{i,y}$ = Consumo de electricidad por el vehículo i en el año y .

EF_{elec} = factor de emisión de CO_2 de la electricidad determinado por el método “Grid connected renewable electricity generation” de AMS-I.D.

- A13 Incorporar energía solar fotovoltaica en edificios municipales:** Este proyecto tiene como metodología base a [I.A Electricity generation by the user](#) la cual va dirigida a proyectos que busquen generar energía eléctrica mediante la implementación de ERNC en hogares o edificios residenciales. En ese caso, se adaptará la metodología para la implementación de paneles fotovoltaicos.

Cabe destacar que, proyectos que combinen sistemas de generación de potencia y calor combinados (cogeneración) no serán elegibles en esta categoría.

La línea base corresponde al consumo de combustible utilizado antes de la implementación del

proyecto, en este caso electricidad.

$$E_{BL,y} = \frac{EG_y}{(1 - l)} \quad (5.4)$$

En donde:

$E_{BL,y}$ = Línea base de energía anual (kWh).

EG_y = Producción anual de energía gracias a la tecnología instalada (kWh).

l = Pérdidas de distribución técnicas promedio.

Así la línea base de emisiones se calcula mediante la Ecuación 5.5:

$$BE_{CO_2,y} = E_{BL,y} \times EF_{CO_2} \quad (5.5)$$

Donde:

$BE_{CO_2,y}$ = Línea base de emisiones en el año y (tCO_2).

$E_{BL,y}$ = Línea base de energía en el año y (kWh).

EF_{CO_2} = Factor de emisiones de CO_2 (tCO_2/kWh).

El valor por defecto para el factor de emisiones de CO_2 corresponde a $0,8 \text{ kg } CO_2 - e/kWh$

Finalmente, la reducción de emisiones corresponde a la diferencia obtenida entre la línea base y lo obtenido luego de la implementación del proyecto.

- **A14 Instalación de colectores solares en todas las piscinas y gimnasios municipales:** La metodología a utilizar se basa en [AMS-I.J Solar water heating systems](#), la cual tiene como alcance las instalaciones residenciales o comerciales de sistemas de calentamiento de agua por medio de energía solar (colectores solares) desplazando así el uso de otros tipos de energía como la electricidad o el gas.

La aplicación de esta metodología incluye dos categorías: el reequipamiento o la nueva construcción de los colectores solares. Para el área comercial el sistema de colectores solares debe incluir indicadores operacionales, los cuales deben ser de fácil entendimiento para los usuarios y deben indicar que el agua esta siendo calentada vía energía solar. Como requerimiento mínimo, el sistema debe tener un indicador visible de la temperatura en los tanques de agua.

Por otro lado, para proyectos residenciales, la tasa de consumo de agua caliente y la temperatura a la que se suministra el agua caliente que se producen diariamente son utilizadas para determinar el ahorro de emisiones.

En este caso, la línea base de emisiones de CO_2 corresponde a:

- Proyectos de Reequipamiento o modernización de equipos: La línea base son los sistemas operativos de calentamiento de agua y la fuente de combustible que existían inmediatamente antes del proyecto.
- Proyectos de nueva construcción: La línea base corresponde al sistema y combustible más típicos que se supone se utilizan para calentar agua dentro de la región.

Las reducciones de emisiones serán calculadas por medio de la energía ahorrada como resultado de la implementación del proyecto, multiplicado por el factor de emisión de la fuente de combustible utilizada (electricidad o gas licuado)

Tabla 5.3: Ejemplos de factor de emisión por tipo de combustible para calentamiento de agua

Tipo Combustible	FE
Electricidad	0,397
Gas Licuado	2,985

Fuente: Elaboración propia

2. Eje Gestión y Cultura energética

- **A17 Recambio de alumbrado público:** La metodología a utilizar en este proyecto se basa en [AMS - I.L.L Demand Side activities for efficient outdoor and street lighting technologies](#), la cual tiene como alcance actividades que se encarguen de obtener eficiencia energética por medio de la adopción de ampolletas de luz eficientes, reemplazando así ampolletas de luz no eficientes instaladas en calles y carreteras.

Esta metodología es aplicable para el recambio de una a una de las ampolletas instaladas en la línea base o para proyectos de múltiples reemplazos de luminarias. Además, se puede aplicar para la implementación de control de iluminación, el cual reduce la operación total en horas o el promedio de watts utilizados por el sistema de luz.

El equipamiento seleccionado para reemplazar las ampolletas existentes deben ser nuevas y no

transferidas desde otro proyecto o edificio.

La metodología aplica para proyectos de iluminación en la calle, en donde la calidad de iluminación debe ser: (a) equivalente o mejor el rendimiento de la línea base; o (b) mejor o equivalente que el rendimiento estándar de la iluminación de calles.

La implementación de esta metodología debe incluir la especificación del equipamiento (Watts y Lumens) y la garantía de los productos.

La línea base de emisiones se realiza mediante los siguientes pasos:

- Estimar la potencia nominal de las luminarias presentes en la línea base, o la potencia promedio de iluminación si esta disminuye en periodos de menor demanda.
- Calcular las horas de operación, se asume que el valor predefinido de las horas diarias de operación de las luminarias es igual a:
 - Para luminarias controladas con temporizadores estándar, se utiliza el número de horas de funcionamiento durante un día promedio; o
 - Para luminarias controladas por sensores de luz ambiental o reloj astronómico, se utilizan las horas promedio entre la puesta y salida del sol; o
 - Para luminarias controladas por sensores de movimiento, se utiliza el número promedio de horas entre la puesta del sol y la salida del sol dividida por diez, a menos que se pueda documentar los patrones de ocupación para justificar otro valor; o
 - Para luminarias controladas por controles avanzados que permiten opciones de programación diferente a la detección de luz o reloj, utilice las horas de operación que se programan en el sistema de control.
- Calcule los ahorros brutos de electricidad comparando la potencia promedio total de las luminarias del proyecto multiplicándolas por las horas de operación anuales del proyecto.
- Calcule el ahorro neto de electricidad corrigiendo los ahorros brutos de electricidad por cualquier pérdida de transmisión y distribución.

Una vez que las luminarias han sido reemplazadas, la electricidad ahorrada por el proyecto en un

año y se calcula mediante Ecuación 5.6:

$$NES_y = \sum_{i=1}^n ES_{i,y} \times \frac{1}{(1 - TD_y)} \quad (5.6)$$

En donde:

$$ES_{i,y} = (Q_{i,BL} \times P_{i,BL} \times O_{i,BL} \times (1 - SOF_{i,BL})) - (Q_{i,P} \times P_{i,P,y} \times O_{i,y} \times (1 - SOF_{i,y})) \quad (5.7)$$

$$SOF_{i,BL} = AFR_{i,BL} \times OF_{i,BL} \quad (5.8)$$

$$SOF_{i,y} = AFR_{i,y} \times OF_{i,y} \quad (5.9)$$

Donde:

NES_y = Electricidad neta ahorrada en el año y (kWh).

$ES_{i,y}$ = Electricidad anual ahorrada por equipo tipo i en el año y (kWh).

y = Año de estudio.

i = Contador de tipos de luminarias.

n = Número de luminarias

TD_y = Pérdida técnica anual por transmisión y distribución de la red eléctrica.

Q_i ($Q_{i,BL}$ and $Q_{i,P,y}$) = Cantidad de luminarias tipo i de la línea base (BL) o del proyecto (P) distribuidas o instaladas.

$P_{i,BL}$ = Potencia nominal de las luminarias del grupo i (kW) pertenecientes a la línea base.

$P_{i,P,y}$ = Potencia nominal de las luminarias del grupo i (kWh) pertenecientes al proyecto.

O_i ($O_{i,BL}$ and $O_{i,y}$) = Horas anuales de operación de la línea base y del proyectos para las luminarias en un año y .

SOF_i ($SOF_{i,BL}$ and $SOF_{i,y}$) = Factor de corte del sistema para equipos de tipo i en el año y . El

SOF se calcula como el producto entre el factor de corte del equipo y la tasa de falla anual del equipo.

OF_i ($OF_{i,BL}$ and $OF_{i,y}$) = Factor de interrupción, es el tiempo promedio en horas transcurrido entre la falla de las luminarias tipo i y su reemplazo, dividido por las horas anuales de operación $O_{i,y}$.

AFR_i ($AFR_{i,BL}$ and $AFR_{i,y}$) = Tasa de falla anual de las luminarias calculada como fracción de Q.

Así, la reducción de emisiones de GEI se calcula como el ahorro energético neto (NET) multiplicado por el factor de emisión de la electricidad ($EF_{CO_2,ELEC}$)

$$ER_y = NES_y \times EF_{CO_2,ELEC,y} \quad (5.10)$$

En donde:

$EF_{CO_2,ELEC,y}$ = Factor de emisión del año y ($t CO_2/MWh$).

ER_y = Emisiones reducidas en el año y ($t CO_2e$)

- A18 Adquirir equipamiento municipal con sello eficiente:** La metodología se basa en [AMS-II.C Demand-side energy efficiency activities for specific technologies](#), la cual comprende actividades que involucran la instalación de equipos nuevos como lámparas, refrigeradores, ventiladores o aires acondicionados que se caracterizan por ser eficientes en materia de energía. Estas actividades pueden corresponder a proyectos de modernización o de nueva construcción que incluyen estos tipos de equipos, así como también puede realizarse en uno o más sitios del proyecto.

La aplicabilidad de esta metodología corresponde solo si el nivel de servicio (capacidad nominal o de rendimiento) del equipo del proyecto de eficiencia energética instalado se encuentra entre el 90 % y el 150 % del nivel de servicio del equipo de referencia. Ejemplos de nivel de servicio son: la salida de luz para equipos de iluminación, la salida de agua y la temperatura para sistemas de calentamiento de agua o la capacidad de salida térmica nominal de los aires acondicionados.

La relación nivel de servicio del equipo de eficiencia energética con el equipo de referencia puede ser: uno a no, considerando por ejemplo el reemplazo de un refrigerador no eficiente (clase G) con un refrigerador nuevo y energéticamente eficiente (clase A) o puede ser varios a uno, considerando el reemplazo de pequeños enfriadores múltiples con una planta enfriadora central. En este último caso, el nivel de servicio del proyecto y la línea base se pueden comparar de forma

agregada.

Se debe tener en consideración que si el equipo de eficiencia energética contiene refrigerantes, el utilizado para el proyecto no debe tener potencial de agotamiento de la capa de ozono (ODP).

La reducción de emisiones consideradas en esta metodología corresponden a reducciones en el uso de electricidad y/o combustible fósil al utilizar equipamiento eficiente. Para este proyecto, se considera el recambio de equipos que utilizan como fuente de energía la electricidad.

Para efectos del cálculo de la línea base de emisiones, se toma en consideración que todos los equipos pertenecientes al mismo grupo, por ejemplo grupo 1: refrigeradores y grupo 2: aires acondicionados, tienen la misma potencia nominal. En base a lo anterior, las ecuaciones que se utilizan para calcular la línea base son las siguientes:

$$BE_y = E_{BL,y} \times EF_{CO_2,ELEC,y} + Q_{ref,BL} \times GWP_{ref,BL} \quad (5.11)$$

$$E_{BL,y} = \sum_i (n_i \times \rho_i \times o_i / (1 - l_y)) \quad (5.12)$$

En donde:

BE_y = Línea base de emisiones en el año y (tCO_2e).

$E_{BL,y}$ = Consumo de energía de la línea base en el año y (kWh).

$EF_{CO_2,ELEC,y}$ = Factor de emisión de la electricidad en el año y .

\sum_i = Suma total de todos los grupos.

n_i = Número total de equipos del grupo i que serán reemplazados.

ρ_i = Demanda de energía eléctrica (kW) del grupo i de la línea base.

o_i = Horas anuales de operación promedio del grupo de equipos i .

l_y = Pérdidas técnicas anuales promedio de la red (transmisión y distribución), el valor por utilizado por defecto es 0.1.

$Q_{ref,BL}$ = Cantidad promedio anual de refrigerante utilizado en la línea base para reemplazar el refrigerante que se ha filtrado (toneladas/año). Solo aplica a proyectos en donde el equipo ha reemplazar contenga refrigerantes ODP.

$GWP_{ref,BL}$ = Potencial de calentamiento global del refrigerante de referencia ($tCO_2e/trefrigerante$)

Asimismo, se procede a calcular las emisiones correspondientes a las actividades proveniente de la implementación del proyecto:

$$PE_y = EP_{PJ,y} \times EF_{CO_2,y} + PE_{ref,y} \quad (5.13)$$

En donde:

PE_y = Emisiones del proyecto en el año y (tCO_2e).

$EP_{PJ,y}$ = Consumo de energía del proyecto en el año y .

$EF_{CO_2,y}$ = Factor de emisiones de la electricidad.

$PE_{ref,y}$ = Fugas de emisiones del proyecto del uso de refrigerantes en el equipamiento en el año y .

De esta manera, el consumo de energía del proyecto se determina de la siguiente manera:

$$EP_{PJ,y} = \sum_t \sum_i (n_i \times \rho_i \times o_i) / (1 - l_y) \quad (5.14)$$

En donde:

n_i = Número total de equipos del grupo i que operan en un intervalo de tiempo t del año y .

ρ_i = Potencia eléctrica demandada (kW) del grupo i medidos durante un intervalo de tiempo t en el año y .

o_i = Horas de operación del grupo i en un intervalo de tiempo t en el año y .

De la misma forma, las fugas producidas por el uso de refrigerantes se calculan mediante la Ecuación 5.15:

$$PE_{ref,y} = Q_{ref,PJ,y} \times GWP_{ref,PJ} \quad (5.15)$$

Donde:

$PE_{ref,y}$ = Fugas de emisiones del proyecto del uso de refrigerantes en el equipamiento en el año y .

$Q_{ref,PJ,y}$ = Cantidad promedio anual de refrigerante utilizado en el año y .

$GWP_{ref,PJ}$ = Potencial de calentamiento global del refrigerante utilizado en el proyecto ($tCO_2e/trefrigerante$)

Finalmente, las reducciones de emisiones que provienen de la implementación del recambio de equipamiento por otros más eficientes se determina como la diferencia entre las emisiones de la línea base y las del proyecto.

$$ER_y = (BE_y - PE_y) - LE_y \quad (5.16)$$

En donde:

ER_y = Emisiones reducidas en el año y (tCO_2e).

LE_y = Fugas de emisiones en el año y .

- A19 Cambiar iluminación de edificios municipales:** La metodología para este proyecto se basa en [AMS-II.J Demand-side activities for efficient lighting technologies](#), la cual se enmarca en actividades de que tienen como objetivo el recambio de ampollas de luz no eficientes (incandescentes) por ampollas de luz eficientes (LED o fluorescentes) en edificios residenciales.

El alcance de esta metodología compromete actividades buscan mejorar la eficiencia del uso de la electricidad mediante la adopción de ampollas de luz energicamente eficientes. El proyecto acepta el reemplazo de las ampollas existentes por equipamiento nuevo, pero no acepta la transferencia de equipos desde otra actividad.

Para la implementación de esta metodología, la luz total de salida del proyecto debe ser igual o mayor que la calculada en la línea base a reemplazar. La luz de salida, tanto de la línea base como del proyecto, debe ser determinada de acorde con estándares internacionales.

La luz de salida mínima de las ampollas se encuentra en la Tabla 5.4, esta información puede ser utilizada como alternativa a los estándares internacionales. Si la información no se encuentra dentro de la Tabla 5.4, la luz mínima se puede determinar mediante una regresión lineal simple.

Tabla 5.4: Requerimientos de luz de salida

Tecnología base	Luz de salida
Ampolletas incandescentes [W]	mínima (Lumen)
25	230
40	415
50	570
60	715
75	940
90	1227
100	1350
150	2180
200	3090

Fuente: [AMS-II.J Demand-side activities for efficient lighting technologies](#)

El escenario base se calcula antes de realizar los cambios de ampolletas en a base a los siguientes pasos:

- Estimar la potencia nominal (watts) de las ampolletas incandescentes que serán reemplazadas.
- Determinar las horas de operación de las ampolletas del proyecto y la línea base en base a una de las siguientes opciones:
 - Opción 1: determinar el valor de operación diaria como 3.5 horas (O_i en la Ecuación 5.18). Se elige este valor ex ante y se utiliza ex post durante todo el periodo de acreditación, en este caso no se requiere una encuesta para determinar O_i .
 - Opción 2: Utilizar un valor medio para la estimación ex ante utilizando los requisitos de muestreo indicados para la definición de O_i para la Ecuación 5.18.
- Calcular los ahorros brutos de electricidad anuales, comparándolos con la potencia nominal de las ampolletas incandescentes de la línea base y multiplicándolos por: (i) horas anuales de operación; y (ii) número estimado de ampolletas que forman parte del proyecto.
- Calcular el ahorro neto anual de electricidad (NET) para cada año del periodo asumido, corrigiendo los ahorros brutos de electricidad por fugas.

La electricidad ahorrada en un año y se calculan mediante las Ecuación 5.17 y Ecuación 5.18:

$$NES_y = \sum_{i=1}^n Q_{PJ,i} \times (1 - LFR_{i,y} \times ES_i \times \frac{1}{(1 - TD_y)} \times NTG \quad (5.17)$$

$$ES_i = (P_{i,BL} - P_{i,PJ}) \times O_i \times \frac{365}{1000} \quad (5.18)$$

En donde:

NES_y = Electricidad neta ahorrada en el año y (kWh).

$Q_{PJ,i}$ = Numero de ampolletas del tipo i del proyecto.

ES_i = Ahorro anual de electricidad estimado por la ampolleta tipo i (kWh).

$LFR_{i,y}$ = Tasa de falla de la ampolleta i en el año y .

TD_y = Promedio anual de pérdidas técnicas en la red (transmisión y distribución) durante el año y .

NTG = Factor de ajuste "neto a bruto", se utiliza un valor predeterminado de 0.95, a menos que se tenga un valor más apropiado basado en una encuesta de uso de iluminación de la misma región y que no tenga más de dos años.

$P_{i,BL}$ = Potencia nominal de los dispositivos de iluminación de tipo i en la línea base (Watts).

$P_{i,PJ}$ = Potencia nominal de los dispositivos de iluminación de tipo i en el proyecto (Watts).

O_i = Horas de operación diarias promedio.

La tasa de falla de las ampolletas (LFR) es el porcentaje de ampolletas que a fallado durante un año, su valor se calcula mediante la Ecuación 5.19:

$$LFR_{i,y} = y \times X_i \times \frac{100 - R_i}{100 \times L_i} = \frac{0,5 \times y \times X_i}{L_i} \quad (5.19)$$

En donde:

$LFR_{i,y}$ = Tasa de falla de la ampolleta i en el año y .

y = Contador por año.

X_i = horas de operación por año de la ampolleta i (horas).

L_i = Vida útil nominal de la ampolla i (horas).

R_i = % de ampollas i que funcionan al final de la vida media nominal (se asume que es el 50 %).

Por otro lado, la reducción de emisiones corresponde directamente a los ahorros netos de electricidad multiplicados por el factor de emisión de la electricidad.

$$ER_y = NES_y \times EF_{CO_2,ELEC,y} \quad (5.20)$$

Donde:

ER_y = Reducción de emisiones en el año y ($t CO_2e$).

$EF_{CO_2,ELEC,y}$ = Factor de emisión eléctrico en el año y .

Cabe destacar, que la electricidad ahorrada mediante el equipamiento de ampollas eficientes debe ser considerada desde la fecha en que la instalación de todas las ampollas este completa.

En la Figura 5.5 se muestra un resumen de todas las acciones de mitigación propuestas en la EEL, con sus respectiva metodología y las fuentes de información.

ID	Proyecto	Metodología Asociada	Fuentes de información
A7	Reimpulsar la flota eléctrica municipal	AMS - III.S	Información del fabricante de los buses; Recopilación de datos empíricos; Comparación con otras comunas
A13	Incorporar energía solar fotovoltaica en edificios municipales	AMS - I.A	Información del fabricante; Recopilación de datos empírica; Auditorias energéticas; comparación entre diferentes edificios
A14	Instalación de colectores solares en todas las piscinas y gimnasios municipales	AMS - I.J	Información del fabricante; Recopilación de datos empírica; Auditorias energéticas; comparación entre diferentes edificios
A17	Recambio de alumbrado público	AMS - II.L	Información del fabricante; Recopilación de datos empírica; Auditorias energéticas; comparación entre diferentes comunas; Información por sectores
A18	Adquirir equipamiento municipal con sello eficiente	AMS - II.C	Información del fabricante; Recopilación de datos empírica; Auditorias energéticas; comparación entre diferentes edificios
A19	Cambiar iluminación de edificios municipales	AMS - II.J	Información del fabricante; Recopilación de datos empírica; Auditorias energéticas; comparación entre diferentes edificios

Figura 5.5: Resumen de acciones de mitigación de la EEL con sus respectivas metodologías asociadas

5.4. Gobernanza MRV

Se entenderá como **Gobernanza del MRV** a las funciones que desempeñaran todos los actores involucrados en la recopilación y facilitación de la información necesaria para que el MRV pueda llevarse a cabo de buena manera.

Si bien es cierto, la responsabilidad de que el MRV se lleve a cabo dentro de la comuna de Providencia recae principalmente en la municipalidad, existen funciones y actividades que deben ser desarrolladas por personas específicas dentro de ella.

En primer lugar, el Departamento de Medio Ambiente de la comuna de Providencia debe cuantificar las emisiones de los proyectos. Estas cuantificaciones se deben realizar en base a la misma metodología planteada en la Subsección 5.3.2 para que el MRV tenga consistencia.

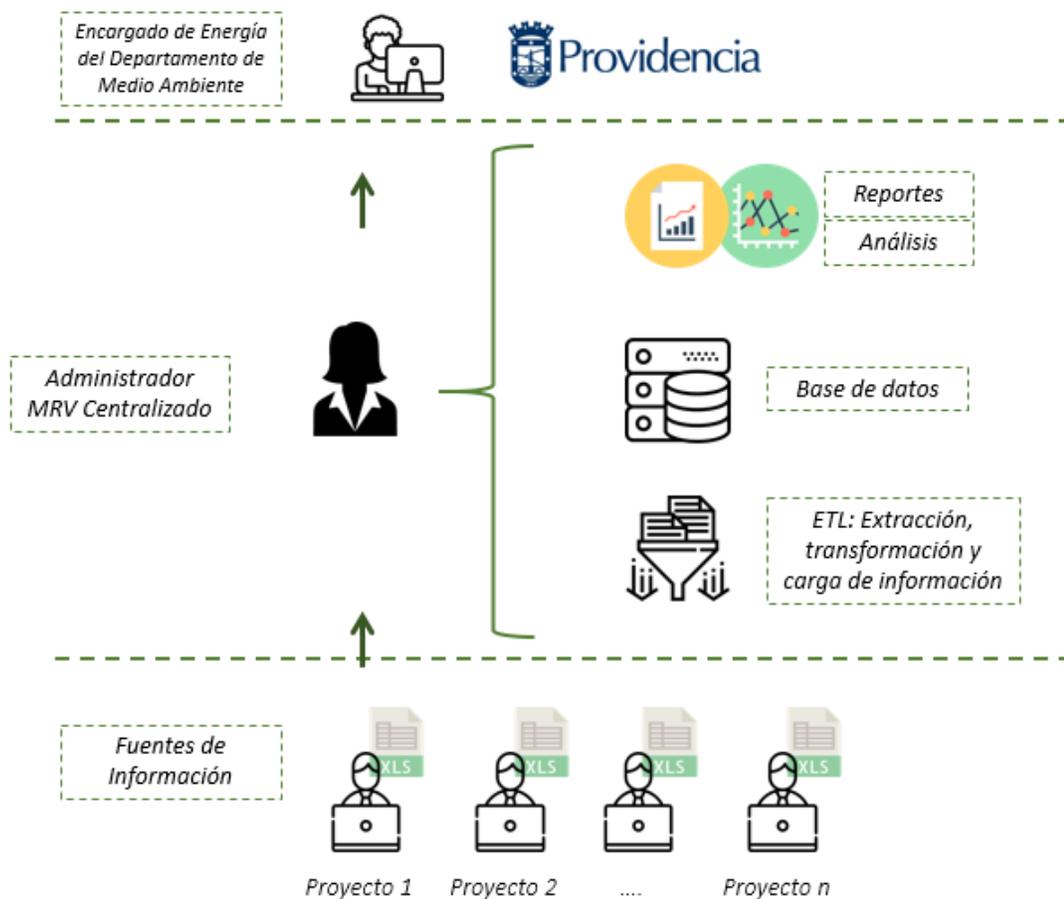


Figura 5.6: Gobernanza del MRV Providencia

Fuente: Elaboración Propia

Por medio de la Figura 5.6 se destacan dos funciones de gran importancia dentro del MRV.

1. Fuentes de Información: Se definen las fuentes de información como los equipos de trabajo para cada proyecto de mitigación de emisiones de gases de efecto invernadero. Dentro de sus funciones se encuentran:
 - Realizar actualización periódica de los resultados de implementación hasta la finalización de la acción de mitigación.
 - Auto monitorear y verificar que la información recopilada de cada uno de los proyectos es confiable.
2. Administrador MRV: El administrador es la persona designada por el encargado de energía del Departamento de Medio Ambiente de la municipalidad de Providencia, tiene como principal responsabilidad la validación de las diferentes etapas del proceso. Además debe brindar apoyo en la cuantificación de reducciones de GEI, realizar un análisis y seguimiento de las acciones de mitigación, monitorear y verificar la información recopilada por parte de los equipos de trabajo y reportar directamente al encargado de energía de la municipalidad.

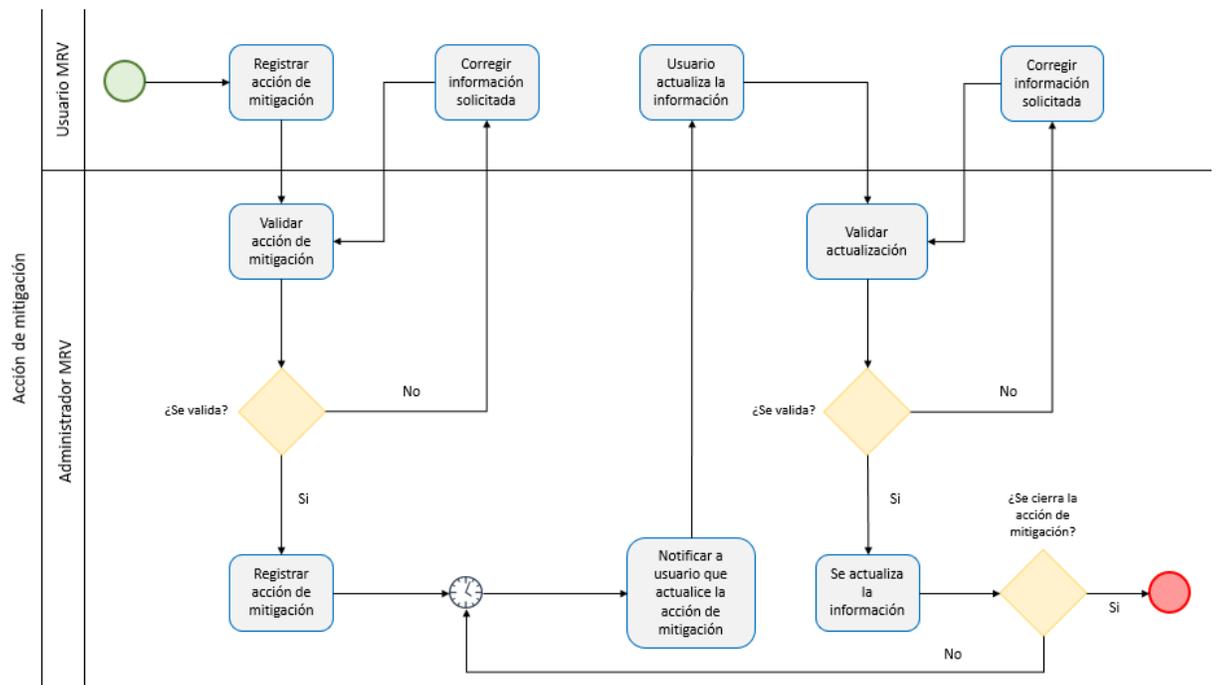


Figura 5.7: Diagrama de flujo del funcionamiento del MRV

Fuente: Elaboración propia

A través de la Figura 5.7 se explica el funcionamiento que tiene el MRV por cada acción de mitigación

que se encuentra incluida en la EEL de Providencia, desde el registro por parte del usuario hasta el cierre de la acción de mitigación por parte del administrador.

5.5. Piloto MRV y Resultados

Un programa piloto corresponde a una prueba de las características de algún tipo de proyecto o actividad. En este caso, se realiza un piloto del MRV para un proyecto de la EEL de Providencia.

Para poder realizar el programa piloto es necesario contar con información relevante y verídica que permita cuantificar las emisiones de gases de efecto invernadero que se reducen al aplicar el proyecto. Es por esto que se ha seleccionado realizar un piloto con respecto a la acción de mitigación A14 Instalación de colectores solares en todas las piscinas y gimnasios municipales, considerando solamente al SPA PROVIDENCIA como prueba, ya que es el único recinto que cuenta con la información necesaria.

El SPA PROVIDENCIA es un edificio que cuenta con 2000 [m²], considerando principalmente una piscina semi olímpica y una piscina de hidromasaje. Además se encuentran habilitados dos jacuzzi, dos saunas húmedos y dos saunas secos.

En el año 2017, estudiantes de la Universidad Técnica Federico Santa María realizaron una auditoría energética dentro del SPA PROVIDENCIA, considerando todos los artículos que consumían electricidad y gas, esta información será la que se utilizará para calcular las emisiones.

ID	Lineamiento	Programa	Encargado	Mail	Iniciativa	Tipo Iniciativa	Año	Estado	Descripción Acción de Mitigación	Fuentes de información	Metodología
A14	Generación con recursos locales	Promover infraestructura	Javier Araya	javier.arayaa@usm.cl	Instalación de colectores solares en piscinas y gimnasios municipales	Proyecto	2018	En planeación	Instalar equipos de ERNC para disminuir el uso de GN o GLP y así reducir emisiones GEI en SPA PROVIDENCIA	Consultorías energéticas UTFSM realizadas en el recinto	AMS-I.J

Figura 5.8: Información primaria para el registro de la acción de mitigación

En la Figura 5.8 se ve directamente la información primaria para el registro de la acción de mitigación de gases de efecto invernadero. Dentro de esta información se encuentra la metodología a utilizar, esta dicta que para calcular la reducción de emisiones es necesario obtener el consumo energético antes de la implementación de los colectores solares y después de la instalación.

La instalación de los colectores solares se dirige directamente a descongestionar de cierta manera el uso de las calderas para calentar el agua de todo el recinto. La implementación de este proyecto va dirigido al uso de las duchas del SPA, los cuales corresponden al 4,2 % del uso total de gas natural de las calderas aproximadamente. Considerando que las calderas utilizan $192.065,91 m^3$ de gas natural para calentar el agua de las piscinas, hidromasajes, duchas, jacuzzi, entre otros; los camarines consumen aproximadamente $8.066,77 m^3$ de gas natural solo por concepto de duchas.

Se espera que con la instalación de 6 colectores solares dentro del SPA se logre un ahorro aproximado de $2.000 m^3$ de gas natural.

Una vez obtenido el ahorro energético luego de la implementación de la acción de mitigación, se procede a calcular el valor de las emisiones reducidas como consecuencia. El factor de emisión a utilizar en esta oportunidad corresponde al entregado por el DEFRA, este tiene un valor igual a $2,0332 kg CO_2e/m^3$.

Tabla 5.5: Consumo energético y emisiones antes y después del proyecto

	Consumo energético	Emisiones $kg CO_2e$
Inicial	8.066,77	16.401,36
Final	6.816,42	13.859,15

Fuente: Elaboración propia

De la Tabla 5.5 se desprende que existe una disminución esperada de aproximadamente un 16 % en las emisiones de GEI provenientes del uso de gas natural para la calefacción de agua, debido a la implementación de colectores solares dentro del recinto.

6 | Conclusiones y Recomendaciones

El presente climático mundial ha obligado a los países a establecer medidas que ayuden a combatir este cambio acelerado del ecosistema. La instauración de objetivos claros que no presentan una obligación para los gobiernos adscritos a las Naciones Unidas, sino que pretenden ser un eje de conciencia personal para cada uno de ellos. En este sentido, Chile se ha propuesto metas coherentes con el contexto nacional que, de aquí al año 2050, pretenden aportar de forma positiva al combate contra el cambio climático, siendo también un ejemplo a seguir para otras naciones.

Es esta motivación a nivel nacional la que provoca ir más allá e induce a diferentes organismos (públicos y privados) a hacerse cargo de sus acciones. Iniciativas como las estrategias energéticas locales en diferentes comunas del país permiten informar y concientizar a los vecinos de forma más cercana y amena.

En este sentido la EEL de la comuna de Providencia, a través de talleres y consultas ciudadanas, ha logrado establecer medidas que aportarán en el corto, mediano y largo plazo, concientizando a los vecinos en materia de ERNC y EE.

El establecimiento de un MRV para la EEL de Providencia obliga a la comunidad a conocer y entender las acciones que pretende llevar a cabo la municipalidad. De esta forma, los proyectos y actividades a realizar se han podido categorizar en tres niveles: proyectos a los que debido a su estructura no se les puede realizar un seguimiento real o establecen problemas de doble contabilidad de emisiones, proyectos a los cuales se les puede realizar un seguimiento en base al avance que obtienen en el tiempo y proyectos que tienen como eje principal la reducción de emisiones.

Por otro lado, la cuantificación de la reducción de emisiones necesita de parámetros y metodologías internacionales para que su instauración sea robusta y aceptada por la comunidad y otras entidades. En este caso, la homologación de metodologías presentes en el CDM METHODOLOGY BOOKLEET permite mantener normas internacionales adecuadas para la comuna de Providencia.

A modo de conclusión, la herramienta MRV para la comuna de Providencia permite explicar de forma

aproximada el cumplimiento de sus metas. También permite realizar un análisis ex-ante y ex-post de las diferentes acciones que se realizaran dentro de la comuna, permitiendo así obtener información relevante para la toma de decisiones futuras desde la perspectiva energética. Además permite realizar mediciones en base a una metodología determinada al inicio del proyecto, de modo que exista consistencia durante el tiempo de ejecución de este.

Al aplicar la metodología de cuantificación de emisiones al proyecto que busca la instalación de colectores solares en los edificios municipales que lo requieran, se encuentra un valor de reducción de emisiones aproximado de 16 % en el SPA PROVIDENCIA, el cual entrega una buena referencia para replicar la acción en otros recintos.

Finalmente las recomendaciones para el buen funcionamiento de la herramienta MRV, como de la EEL de Providencia, corresponden a mantener un compromiso real frente a las metas y objetivos planteados al inicio de este gran proyecto, lo que incluye cumplir con los tiempos establecidos para la medición y verificación de las emisiones de cada proyecto y mantener una periodicidad coherente para obtener los resultados deseados.

También puede ser de gran ayuda la instauración de un sistema para la inscripción de las acciones de mitigación, el cual pueda ser actualizado de forma remota; y la incorporación de un nuevo actor dentro del sistema MRV, el cual se preocupe de verificar que la información de las acciones de mitigación son correctas para así poder transparentar el proceso.

Además, es necesario mantener una actualización periódica de todas las plataformas de información, tanto de recopilación como de comunicación para la comunidad vecinal.

Bibliografía

Caballero, Margarita; Lozano, Socorro; y Ortega, Beatriz (2007). Efecto invernadero, calentamiento global y cambio climático: una perspectiva desde las ciencias de la tierra. *Tema del mes*.

CALIDAD AMBIENTAL Y OPTIMIZACIÓN INDUSTRIAL UTFSM (2017). INFORME AUDITORÍA ENERGÉTICA EDIFICIO CLUB SPA PROVIDENCIA.

Charpentier Betta, Ricardo-Javier (2017). ESTRATEGIA ENERGÉTICA LOCAL DE VILLA ALEMANA: DEFINICIÓN DE LA VISIÓN Y LOS OBJETIVOS ESTRATÉGICOS.

Comuna Energética, Ministerio de Energía (2016). Guía Metodológica para el Desarrollo de Estrategias Energéticas Locales. 3.5

Estenssoro Saavedra, Fernando (2010). CRISIS AMBIENTAL Y CAMBIO CLIMÁTICO EN LA POLÍTICA GLOBAL: UN TEMA CRECIENTEMENTE COMPLEJO PARA AMÉRICA LATINA. *Universum (Talca)*, 25, 57 – 77.

I. Municipalidad de Providencia (2016). Estrategia Energética Providencia. 4.1, 4.3, 4.4, 4.5, 4.6, 4.7, 4.8, 4.9, 4.10, 4.11, 4.12, 4.13, 4.14, 4.15, 4.16, 4.17, 4.18, 4.19, 4.20, A.1, A.2, A.3, A.4, A.5, A.6, A.7, A.8, A.9, A.10, A.11, A.12

La Tercera (2017). www2.latercera.com/noticia/consiste-acuerdo-paris/. [Acceso mayo de 2018].

Meira Cartea, Pablo Ángel (2006). Crisis ambiental y globalización: Una lectura para educadores ambientales en un mundo insostenible. *Trayectorias*, 8(20-21).

Ministerio de Energía (2006). <http://huelladecarbono.minenergia.cl/combustible-chile>. [Acceso octubre de 2018].

Ministerio de Energía (2015). Energía 2050 - Política Energética de Chile. http://www.minenergia.cl/archivos_bajar/LIBRO-ENERGIA-2050-WEB.pdf. 3.1.2.1, 3.2, 3.3, 3.4

Ministerio del Medio Ambiente (2015). Directrices para un Marco Genérico de MRV para NAMAs en Chile.

UNFCCC (2017). CDM METHODOLOGY BOOKLET. https://cdm.unfccc.int/methodologies/documentation/1803/CDM-Methodology-Booklet_fullversion_04.pdf. 3.6

A | Anexos

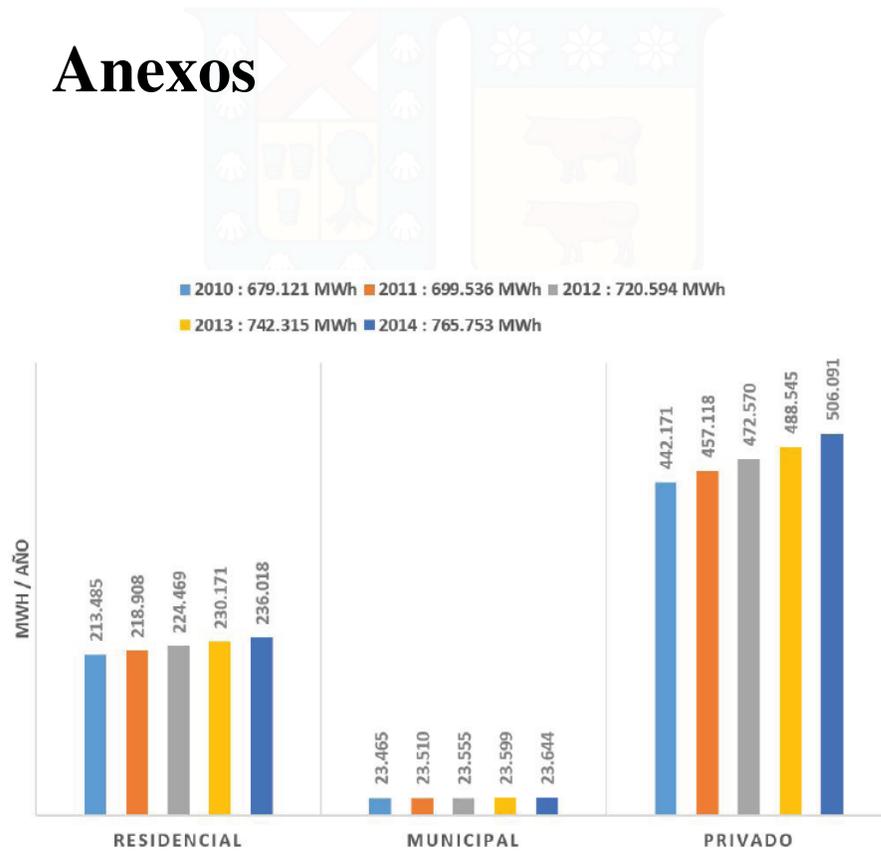


Figura A.1: Consumo eléctrico histórico en Providencia del año 2010 al 2014

Fuente: (I. Municipalidad de Providencia, 2016)

CONSUMO ALUMBRADO PÚBLICO PROVIDENCIA AÑO 2014

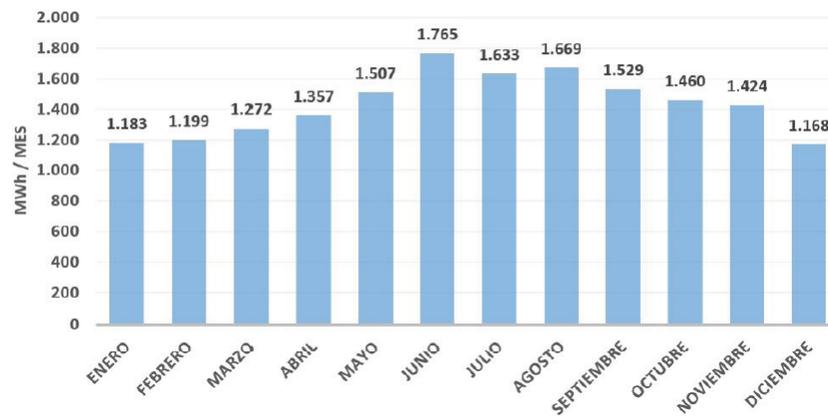


Figura A.2: Consumo del alumbrado público sector municipal durante el año 2014

Fuente: (I. Municipalidad de Providencia, 2016)

CONSUMO ELÉCTRICO SECTOR MUNICIPAL DURANTE AÑO 2014

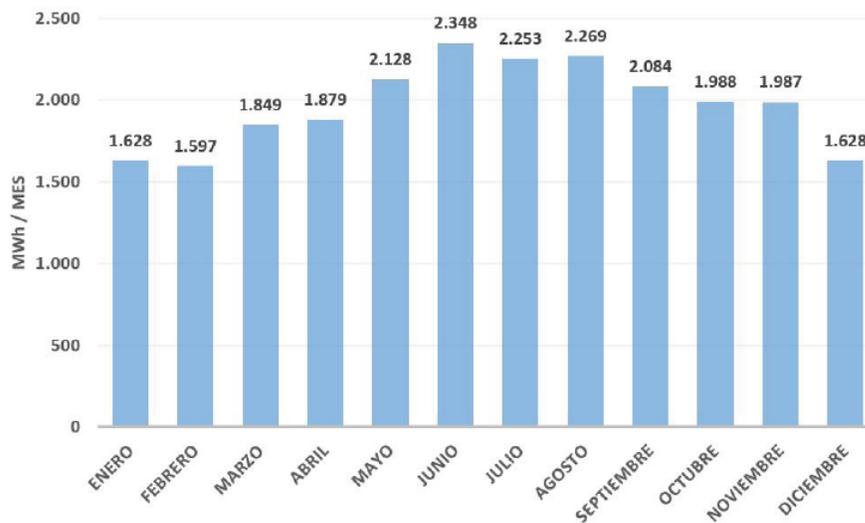


Figura A.3: Consumo del sector municipal durante el año 2014

Fuente: (I. Municipalidad de Providencia, 2016)

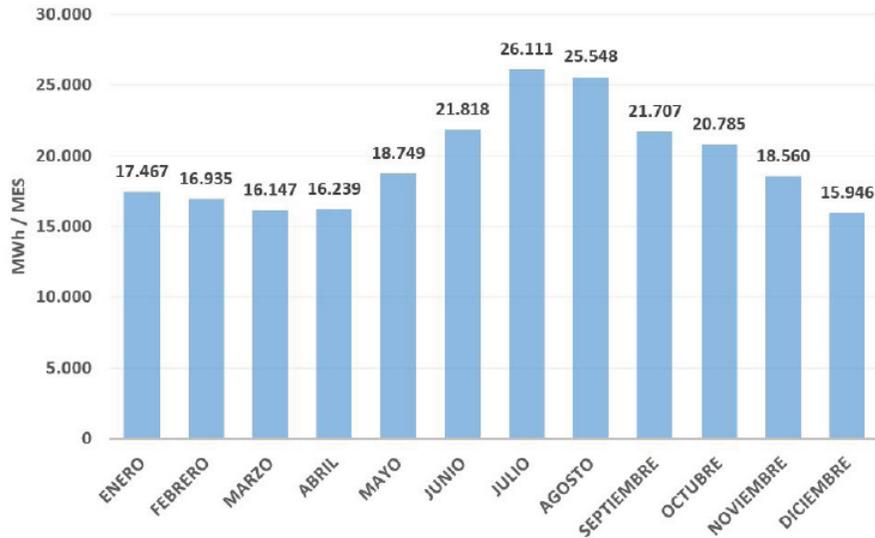


Figura A.4: Consumo histórico del sector residencial durante el año 2014

Fuente: (I. Municipalidad de Providencia, 2016)

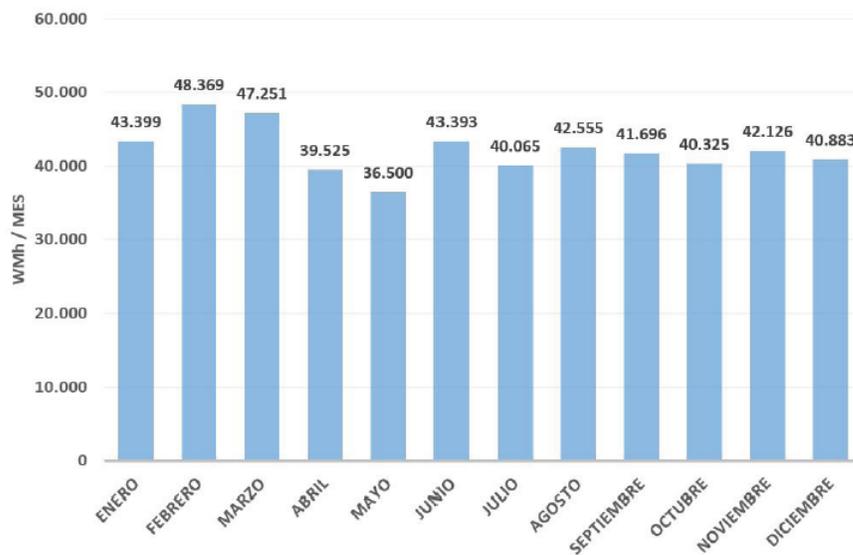


Figura A.5: Consumo eléctrico del sector privado durante el año 2014

Fuente: (I. Municipalidad de Providencia, 2016)

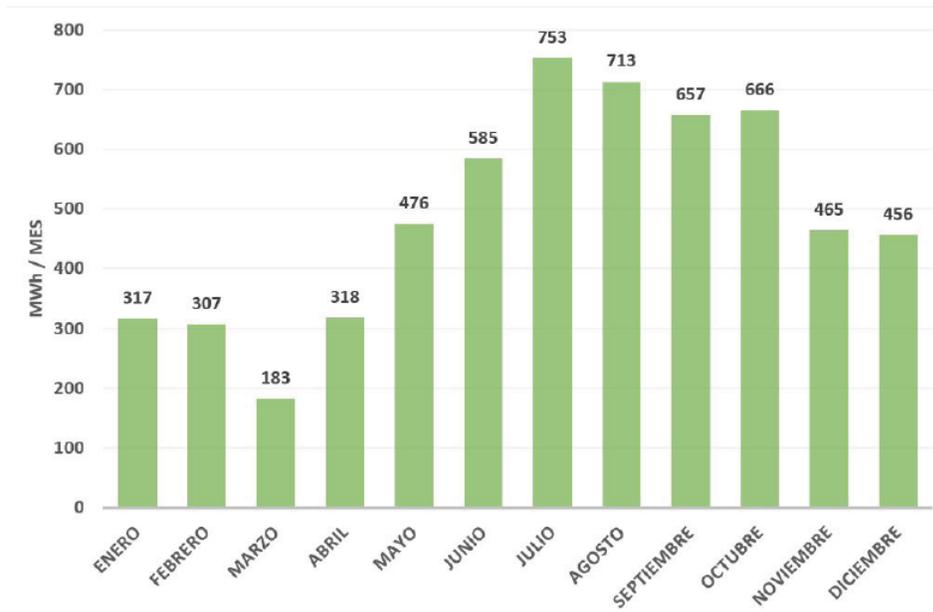


Figura A.6: Consumo del sector municipal de gas natural en Providencia durante el año 2014

Fuente: (I. Municipalidad de Providencia, 2016)

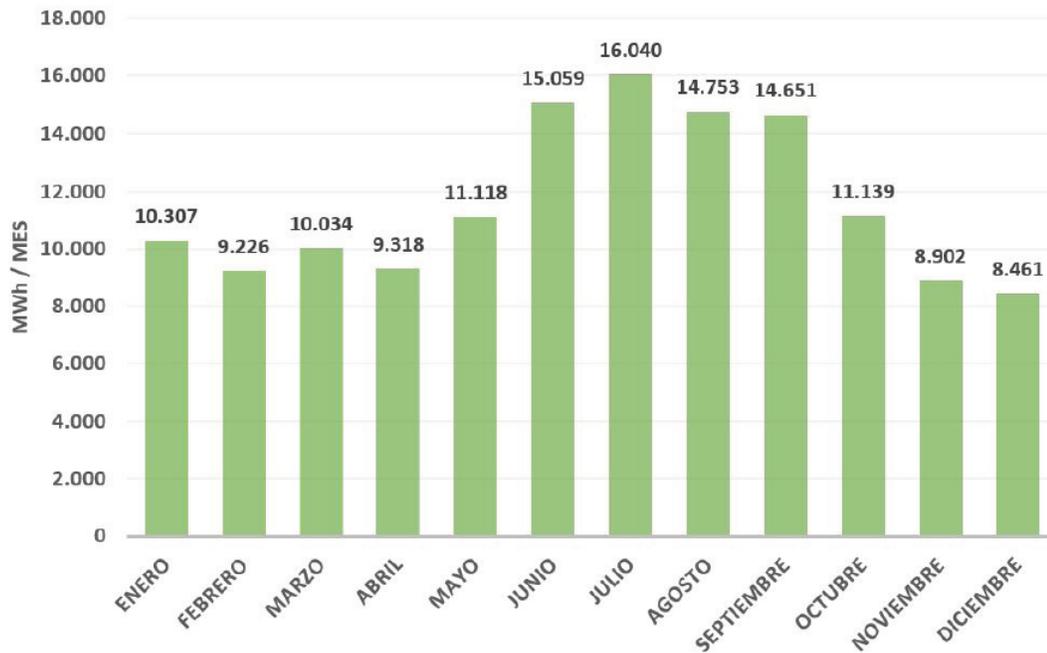


Figura A.7: Consumo del sector privado de gas natural en Providencia durante el año 2014

Fuente: (I. Municipalidad de Providencia, 2016)

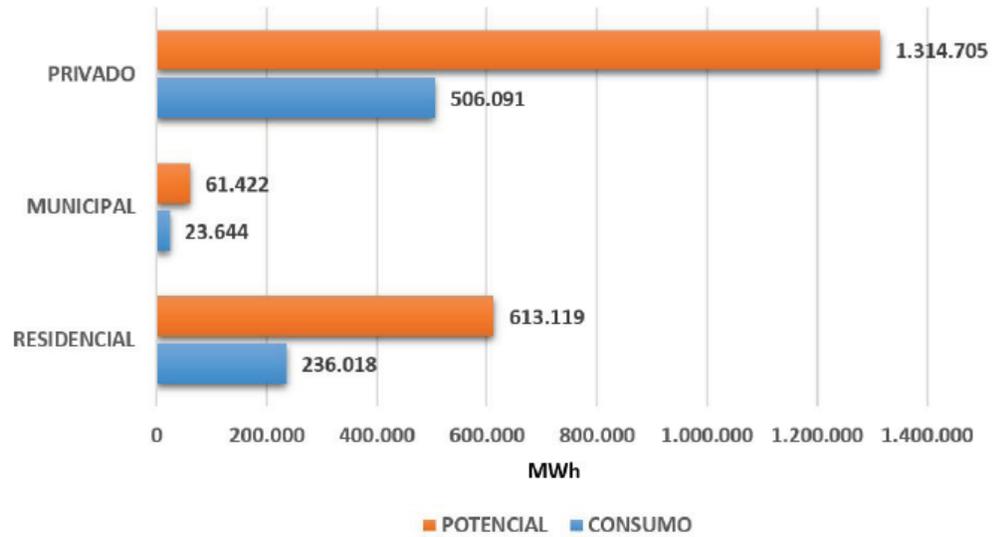


Figura A.8: Comparación consumo de Providencia al año 2014 con el potencial solar fotovoltaico teórico por segmentos

Fuente: (I. Municipalidad de Providencia, 2016)

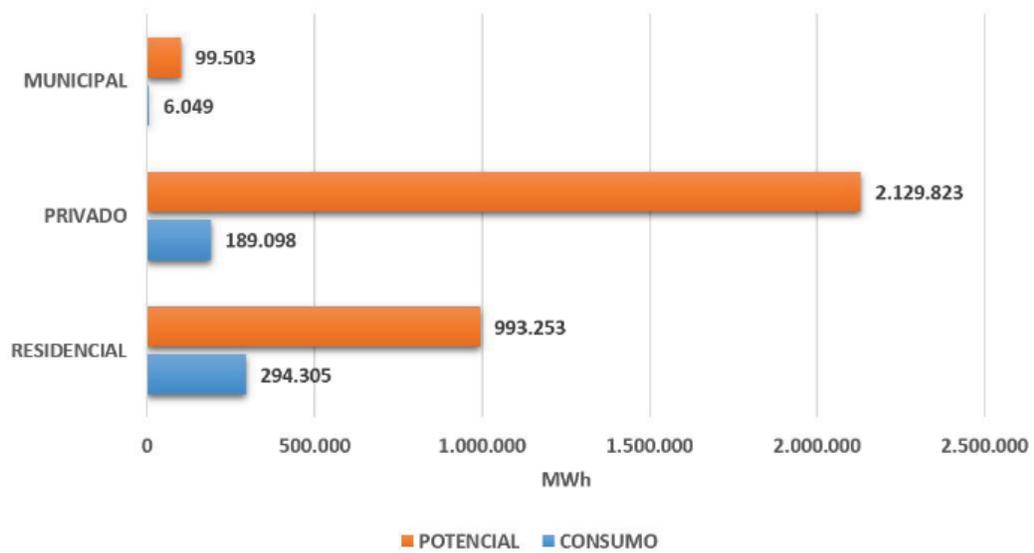


Figura A.9: Comparación consumo de Providencia al año 2014 con el potencial solar térmico teórico por segmentos

Fuente: (I. Municipalidad de Providencia, 2016)

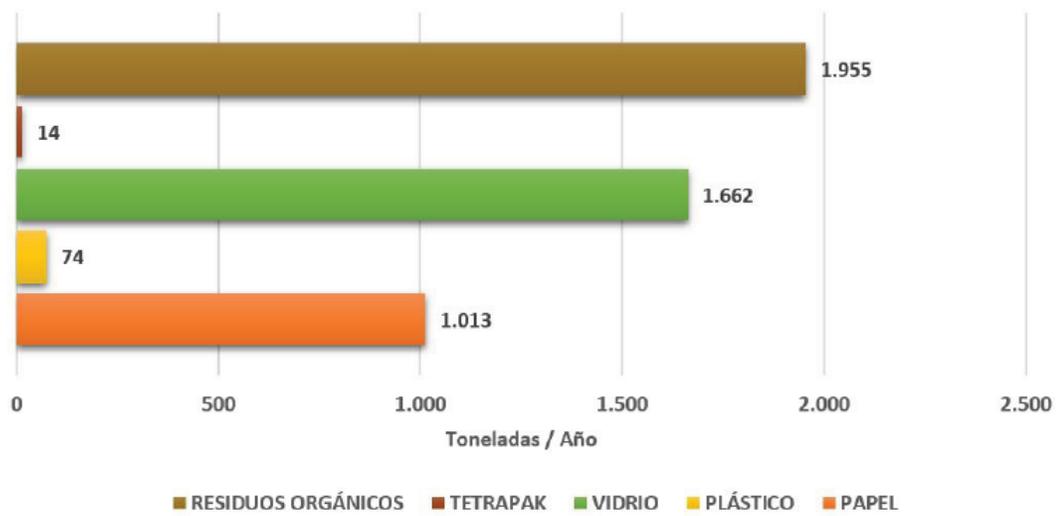


Figura A.10: Toneladas recicladas al año 2014 por tipo

Fuente: (I. Municipalidad de Providencia, 2016)

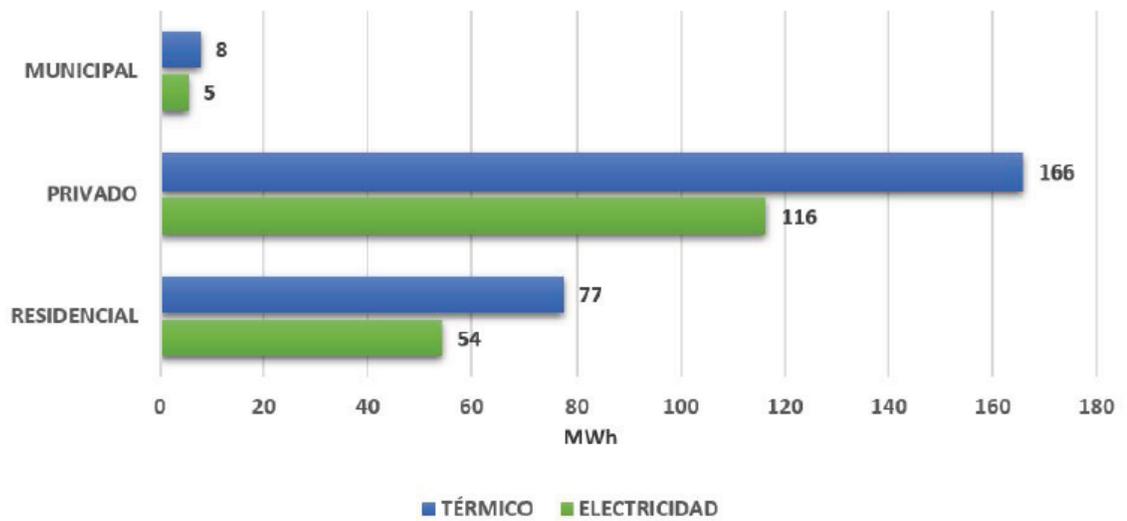


Figura A.11: Potencial energético actual de la biomasa por sectores y por tipo

Fuente: (I. Municipalidad de Providencia, 2016)

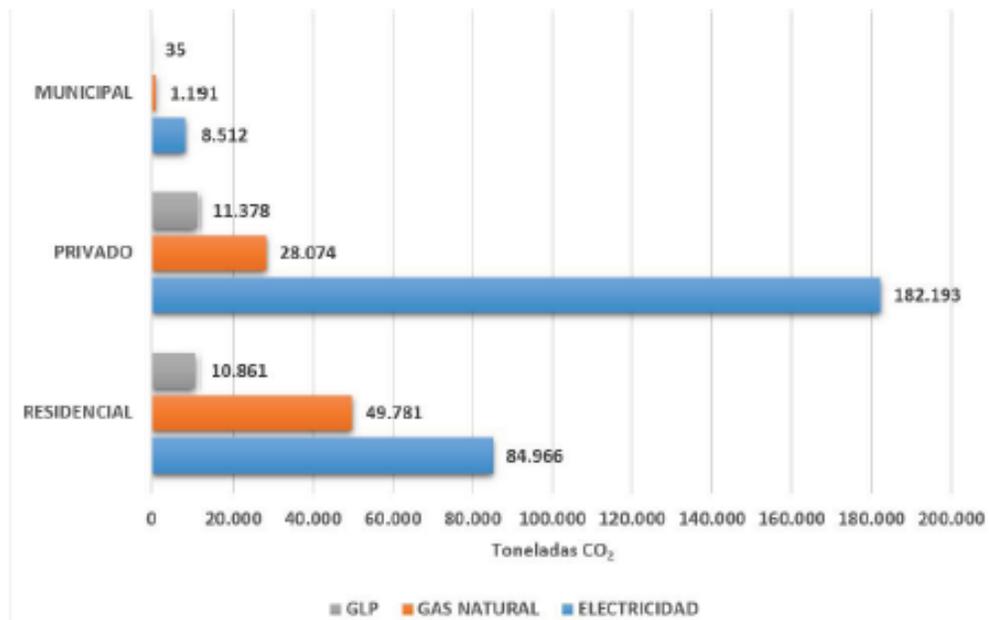


Figura A.12: Balance de CO_2 total en la comuna por sectores

Fuente: (I. Municipalidad de Providencia, 2016)

Tabla A.1: Factores de emisión red eléctrica promedio anual

Año	Sistema	FE tCO_2/MWh
2015	SIC	0,3500
2015	SING	0,7600
2016	SIC	0,4000
2016	SING	0,7700
2017	SIC	0,3400
2017	SING	0,7700

Fuente: Energía Abierta - Comisión Nacional de Energía

Tabla A.2: Factores de emisión de Combustibles - Combustión Estacionaria

Combustible	FE $kgCO_2/TJ$
Petróleo crudo	73.300
Gas natural licuado	64.200
Gas natural	56.100
Gasolina para motores	69.300
Diesel oil	74.100

Fuente: Directrices del IPCC de 2006 para los inventarios nacionales de GEI

Tabla A.3: Factores de emisión de Combustibles - Combustión móvil - Transporte terrestre

Combustible	FE $kgCO_2/TJ$
Gasolina para motores	69.300
Diesel Oil	74.100
Gases licuado de petróleo	63.100
Queroseno	71.900
Lubricantes	73.300
Gas natural comprimido	56.100
Gas natural licuado	56.100

Fuente: Directrices del IPCC de 2006 para los inventarios nacionales de GEI

Descripción de la Acción de Mitigación			
Nombre			ID
Descripción General			
Actividades realizadas o previstas			
Lineamiento			
Programa			
Encargado			
Estado			
Presupuesto			
¿Pertenece a alguna otra medida de mitigación?			
Año inicio			Año término
Alcance Social			
Alcance Geográfico			
Ley(es) asociada(s)			
Tipo de reducción de emisiones (directa, indirecta o ambas)			
GEI considerados			
Cuantificación de reducción	Periodo considerado	Reducción de GEI	
Cuantificación de reducción			
Proyección de Reducción			
Supuestos			
Metodología de cálculo			
Factores de Emisión Utilizados			GWP utilizado
Indicadores del Proyecto/Programa	Nombre	Valor	Unidad
Indicador de seguimiento 1			
Indicador de seguimiento 2			
Indicador de seguimiento 3			
Respaldo de cálculos			

Figura A.13: Ficha de inscripción de acciones de mitigación

Fuente: Elaboración propia

Descripción de la Actividad			
Nombre			ID
Descripción General			
Actividades realizadas o previstas			
Lineamiento			
Programa			
Encargado			
Estado			
Presupuesto			
Año inicio			Año término
Alcance Social			
Alcance Geográfico			
Ley(es) asociada(s)			
Supuestos			
Indicadores del Proyecto/Programa	Nombre	Valor	Unidad
Indicador de seguimiento 1			
Indicador de seguimiento 2			
Indicador de seguimiento 3			
Respaldo de cálculos			

Figura A.14: Ficha de inscripción de acciones de seguimiento

Fuente: Elaboración propia