FUNDACIÓN CHILE

Servicios profesionales destinados a la elaboración de propuestas de Estrategias Energéticas Locales en comunas piloto de Chile: Comuna de Caldera

Informe Final

Diciembre 2015

Contenido

1 Introducción 5
2 Marco conceptual 6
2.1 Objetivos 6
2.2 Procedimiento 6
3 Antecedentes generales 8
3.1 Perímetro geográfico 8
3.2 Información demográfica 12
3.2.1 Antecedentes Demográficos 12
3.2.2 Sector Privado y Civil 16
4 Situación energética actual y futura 22
4.1 Demanda de electricidad 22
4.1.1 Sector Residencial 25
4.1.2 Sector Público 27
4.1.3 Sector Privado 30
4.2 Demanda de energía térmica 32
4.3 Capacidad de las líneas de transmisión para exportación de electricidad 33
4.4 Proyectos Energéticos desarrollados en la región de Atacama en los últimos 5 años 34
4.5 Entrevistas realizadas con actores de la comuna 35
4.5.1 Sector Industrial 37
4.5.2 Centros de Estudio y Universidades Locales 41
4.5.3 Actores energéticos 43
4.6 Proyecciones 45
4.6.1 Sector Residencial 45
4.6.2 Sector Comercial y Público 46
4.6.3 Sector Industrial 49
4.7 Descripción del sistema energético de la comuna de Caldera 50
4.7.1 Generación 50
4.7.2 Transmisión 51
5 Potencial de ERNC y Eficiencia Energética 53

5.1 Potencial ERNC 53
5.1.1 Estimación del Potencial 53
5.2 POTENCIAL TEÓRICO 54
5.2.1 Hídrica 54
5.2.2 Geotermia 55
5.2.3 Eólica 57
5.2.4 Biomasa 59
5.2.5 Solar 63
5.3 POTENCIAL ECOLÓGICO Y TÉCNICO 66
5.4 POTENCIAL DISPONIBLE 71
5.4.1 Solar fotovoltaico utility scale 71
5.4.2 Solar fotovoltaico en techos (Rooftop) 73
5.5 Potencial Eficiencia Energética 78
5.5.1 Antecedentes sobre principales sectores potenciales 78
5.5.2 Alumbrado Público 79
5.5.3 Sector Industrial – Acuícola y Pesquero 79
5.5.4 Sector Residencial 80
6 Balance CO2 83
7 Visión y Objetivos para el desarrollo energético de Caldera 84
7.1 Visión 84
7.2 Objetivos estratégicos y Metas 87
8 Proyectos concretos y Plan de Acción 88
8.1 Escuelas Solares 91
8.2 Iluminación eficiente para el sector residencial 93
8.3 E-bike Caldera, me muevo con la energía del sol 96
8.4 Cooperativa Energética de Caldera 99
8.5 Techo 30+ Caldera 102
8.6 Aporte a las Metas 103
9 Presentación de la Estrategia Energética al Concejo Municipal y presentación oficial a la comunidad local 105
Anexos 106

9.1 Anexo A: Proyectos energéticos desarrollados en la región de Atacama en los últimos 5 años 106

1 Introducción

Se presenta el proyecto en un contexto energético complejo para el país, pero lleno de oportunidades para plantear e implementar conceptos nuevos que logren optimizar y hacer más sustentable el sector energético y con esto el país y sus distintos territorios. A la vez que la atención de la sociedad civil se concentra en gran parte en los conflictos que pueden implicar el desarrollo de nuevos proyectos energéticos, en paralelo se está avanzando en soluciones innovadoras, involucrando a actores sociales de distinta índole y presentando alternativas positivas que generan un ímpetu nuevo en el sector.

El objetivo del presente estudio es la realización de un diagnóstico energético, y estimación del potencial de ERNC y eficiencia energética en la comuna de Caldera. La posición de estos desarrollos son definidos en general como Estrategia Energética Local (EEL) de una zona geográfica y permiten elaborar, en base a los resultados, estrategias, metas, programas y proyectos concretos para impulsar un desarrollo energético local que esté apoyado por los actores claves de la comuna.

En esta línea, Fundación Chile, en colaboración con Fernanda Prohens y Camilo Prats desarrollaron el presente estudio, que aborda la descripción del marco conceptual, los antecedentes generales de la zona de estudio, diagnóstico de la demanda y oferta de energía, potencial de generación mediante Energías Renovables no Convencionales (ERNC) y eficiencia energética, y balance de carbono.

2 Marco conceptual

En este capítulo se describirán los objetivos que se persiguen con el presente estudio, además del procedimiento de trabajo empleado.

2.1 Objetivos

Los objetivos del presente estudio, son los siguientes:

1. Realizar un diagnóstico energético de la comuna de Caldera.
2. Estimar el potencial de abastecimiento mediante fuentes de Energías Renovables No Convencionales.
3. Estimar el potencial de eficiencia energética en la comuna de Caldera.
4. Reforzar la coordinación entre los actores de la ciudad para el desarrollo de proyectos de alto impacto.
5. Posicionar a Caldera como una ciudad líder en energía sustentable por medio del fomento a las energías renovables y a la eficiencia energética.

2.2 Procedimiento

Los principales temas abordados en el estudio y su respectiva profundidad, se señala a continuación:

- Energía.
  Su análisis está enfocado en la energía eléctrica y térmica utilizada en la comuna, en los sectores Comercial, Público, Residencial e Industrial.
- Potencial ERNC y Eficiencia Energética.
  En el presente estudio, se abordan los potenciales existentes para el aprovechamiento de Energías Renovables No Convencionales (ERNC) y Eficiencia Energética, en la comuna de Caldera.

Esta primera parte del estudio cuenta con 3 fases, las cuales se explican a continuación, detallando las actividades y resultados esperados de cada una.

1. Antecedentes generales.
   Definición del perímetro geográfico estudiado y de información relevante para la caracterización general de la comuna (demografía, composición de los diversos sectores, entre otros).
2. Diagnóstico energético.
   Descripción de la situación energética actual y futura en la ciudad, en los sectores Privado, Público, Residencial e Industrial (consumos energéticos). Obtención de parámetros de Cambio Climático, como por ejemplo: emisiones de gases de efecto invernadero.
3. Potencial de Eficiencia Energética y Energías Renovables no Convencionales.
   Cálculo del potencial bruto y técnicamente factible de los distintos recursos renovables en la comuna para generación de energía y obtención de potencial en eficiencia energética.

3 Antecedentes generales

En este apartado se expondrán todos los datos e información base de Caldera, que son de utilidad para caracterizar a la comuna.

3.1 Perímetro geográfico

Se ha determinado un área de 5.338 hectáreas para la EEL de Caldera. La definición del Área de influencia de la EEL fue generada bajo las siguientes restricciones y consideraciones:

- **Límite Urbano**: los Municipios tienen su principal ámbito de acción en el territorio urbano, por tanto estos territorios se vuelven un foco fundamental para cualquier EEL. Esto se vuelve especialmente relevante en este territorio dado que la condición desértica de Atacama es un determinante de concentraciones urbana con bajos porcentajes de población rural en comparación con las zonas centro y sur de Chile.

  La comuna de Caldera con 17.542 habitantes sigue el mismo patrón, el sistema urbano Caldera-Loreto-Bahía Inglesa es el área donde se concentra mayoritariamente la población y dónde se define el primer ámbito de acción de la EEL. El área urbana está determinada por los Instrumentos de Planificación Territorial (IPT) vigentes (PRC Caldera, PRICOST) que definen las áreas de desarrollo urbano actuales y futuras de la población las que son coincidentes con el marco temporal de la EEL.

Los IPTs permiten definir el límite sur y sur-oriente (Morro de Bahía Inglesa) del área de acción de la EEL, mientras el límite norte es definido en base a las recomendaciones extraídas de las entrevistas con distintos actores locales que permiten vislumbrar como área de desarrollo para las próximas décadas la extensión de la ciudad hacia el norte hasta las instalaciones de la empresa COPEC de almacenamiento de combustible como muestra el mapa. En la Ilustración 2 se presenta un mapa del área de influencia de la Estrategia Energética de Caldera, en donde se puede observar gráficamente el área donde se concentrarán os esfuerzos de la EEL.

- **Faja Vial Ruta 5 y Relleno Sanitario**: la Ruta 5, se conforma como el límite oriente del área urbana. A esta restricción, se suma como área de la EEL el área del Relleno Sanitario y la reserva de la faja vial que lo conecta, considerando futuros tendidos eléctricos en el caso de implementar proyectos de biomasa que requieran conexión al sistema eléctrico.

- **PRC y Factibilidad Sanitaria**: A pesar que hoy el PRC de Caldera y el PRICOST permiten pensar en un desarrollo de otras zonas urbanas aledañas, la ciudad también está determinada por las

distintas obras de urbanización, en especial el área operacional de las empresas sanitarias. El 2005, se desarrolló el estudio de factibilidad sanitaria de la empresa “Aguas Chañar” dónde se proyectó una red de distribución capaz de satisfacer las necesidades de la población al año 2025 que es el horizonte de la EEL y por tanto se incorpora esta variable también como determinante del área de acción de esta estrategia. En la Ilustración 1 se muestra el límite del área operacional de Aguas Chañar.

- **Bahía de Caldera**: la bahía se estructura como el límite natural al poniente del Área propuesta para la EEL de Caldera.

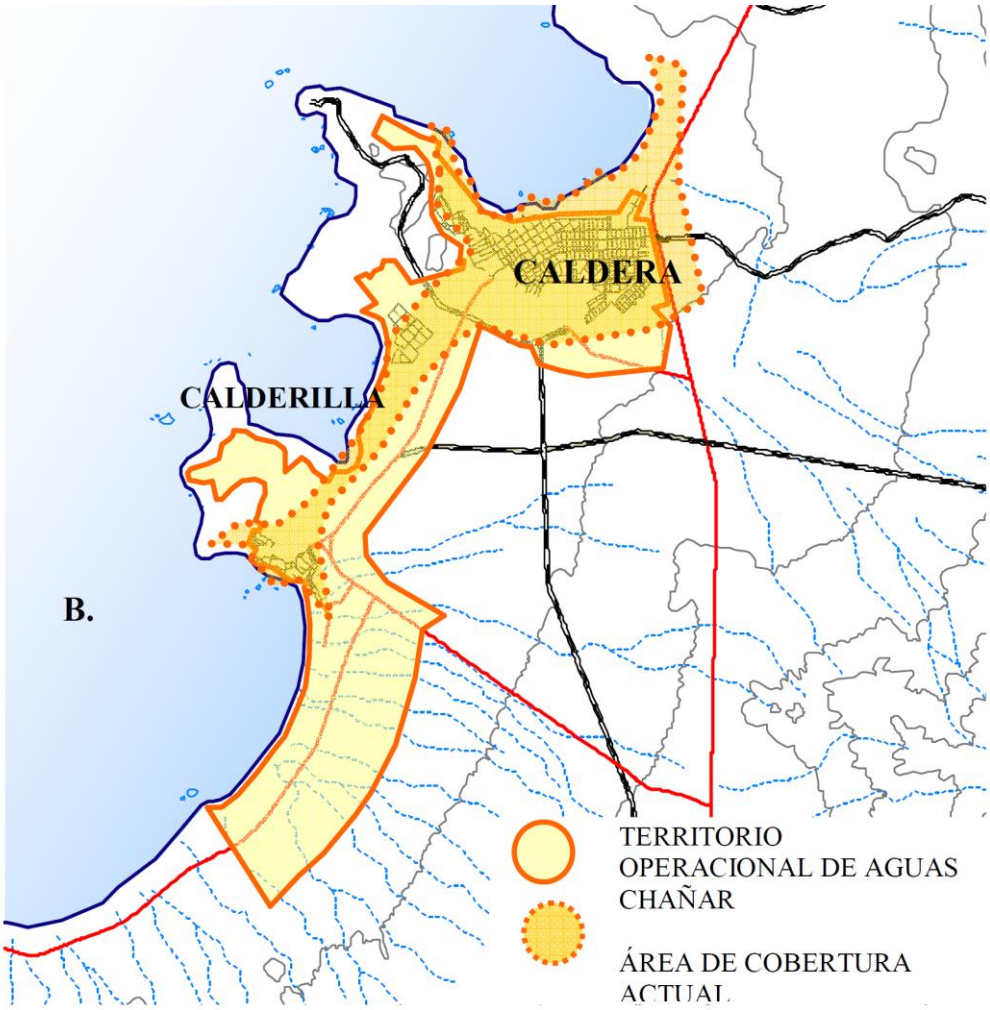

Ilustración 1: Proyección de red de distribución de Aguas Chañar.

Se excluyeron también áreas de ocupaciones irregulares, tanto por la incertidumbre jurídica que representan estas situaciones para cualquier estrategia estatal cómo por razones prácticas de implementación que se describen a continuación. A pesar de esto, se hace fundamental considerarlas en el análisis y ver su influencia en el consumo energético local como se explica a continuación.

A pesar que el área de influencia fue definida de acuerdo a las características descritas anteriormente, tanto el diagnóstico de los consumos energéticos como la estimación del potencial de energías renovables incluyó la totalidad del área comunal.

Ocupaciones irregulares y la definición de la EEL

La masividad de las "ocupaciones ilegales" o "tomas" de segunda vivienda (en su gran mayoría) en el borde costero de Atacama generan un desafío para la EEL en varios aspectos.

Primero, por la incertidumbre en la proyección demográfica que puede llegar a tener como determinante de la cantidad de población comunal como factor de consumo y el área de acción que debe tener la EEL cuando se define su potencial. En ese sentido, mientras a lo largo de la historia algunos de éstos asentamientos se han transformado en asentamientos definitivos como: Bahía Inglesa y parte de Rodillo, otros han tendido a desaparecer por los desalojos como ha ocurrido recientemente con: Ramada, Playa las Machas, Loreto, entre otras. Esto determina trayectorias territoriales que escapan a los procesos de planificación formales.

Segundo, estas ocupaciones presentan escaza información en parte determinada por estar fuera del sistema eléctrico y los sistemas formales de información territorial, y adicionalmente por la estacionalidad que suponen al ser segunda vivienda. A modo de ejemplo, el equipo consultor ha estimado que durante el período de verano estos sectores pueden representar más del 30% del consumo de gas licuado comunal. Estas localidades se abastecen principalmente a través de gas, energía solar más recientemente, y otros sistemas autónomos como generadores.

Según estimaciones de la Cámara Chilena de la Construcción hoy las ocupaciones irregulares pueden alcanzar más de 8.000 en toda la región[1]. Es posible que este número sea bastante mayor, considerando que sólo al 2013 en la comuna de Caldera ya es posible de contabilizar más de 6.000 ocupaciones como muestra la tabla.

[1] Actualmente, el Ministerio de Bienes Nacionales se encuentra en proceso de elaboración del primer censo de tomas costeras de Atacama el cual pretende conocer mejor este panorama.

Tabla 1. Ocupaciones Irregulares Borde Costero Caldera

Ocupaciones Irregulares Borde Costero Caldera				
Nombre del Sector	**N***	**Propiedad**	**Año**	**Fuente**
Islote Blanco	468	Fiscal	2013	Bienes Nacionales*
Barranquilla	1295	Fiscal	2013	Bienes Nacionales*
Rodillo	426	Fiscal	2013	Bienes Nacionales*
Punta Salinas	9	Fiscal	2013	Bienes Nacionales*
Caleta Zenteno	4	Fiscal	2013	Bienes Nacionales*
Obispito	18	Fiscal	2013	Bienes Nacionales*
Caleta Obispito	19	Fiscal	2013	Bienes Nacionales*
Playa Los Patos	150	Fiscal	2013	Bienes Nacionales*
El Pulpito	2500	Fiscal	2013	Bienes Nacionales*
Puerto Viejo	2000	Privado	s/i	Recursos digitales
El Pulpo	s/i	Privado	s/i	s/i
Total	**6889**			

*Considerando loteos y viviendas en fiscalizaciones durante el 2013

En Atacama y las regiones del norte, el fenómeno de las "ocupaciones ilegales de segunda vivienda" en el borde costero tiene larga data. La alta presencia de suelo fiscal disponible (excluyendo ASP y otras asignaciones) equivalente al 58% de la superficie regional (y el 22% del suelo fiscal disponible a nivel nacional), sumado a una gestión que no ha impulsado la oferta de suelo son factores habitualmente considerados como determinantes de este fenómeno además de otros elementos culturales. En ese sentido, las decisiones del estado frente a estas situaciones pueden ser también determinantes de estrategias como las EEL u otras.

A continuación, se presenta un mapa de la comuna en donde se muestra el perímetro abordado como límite de influencia de la EEL.

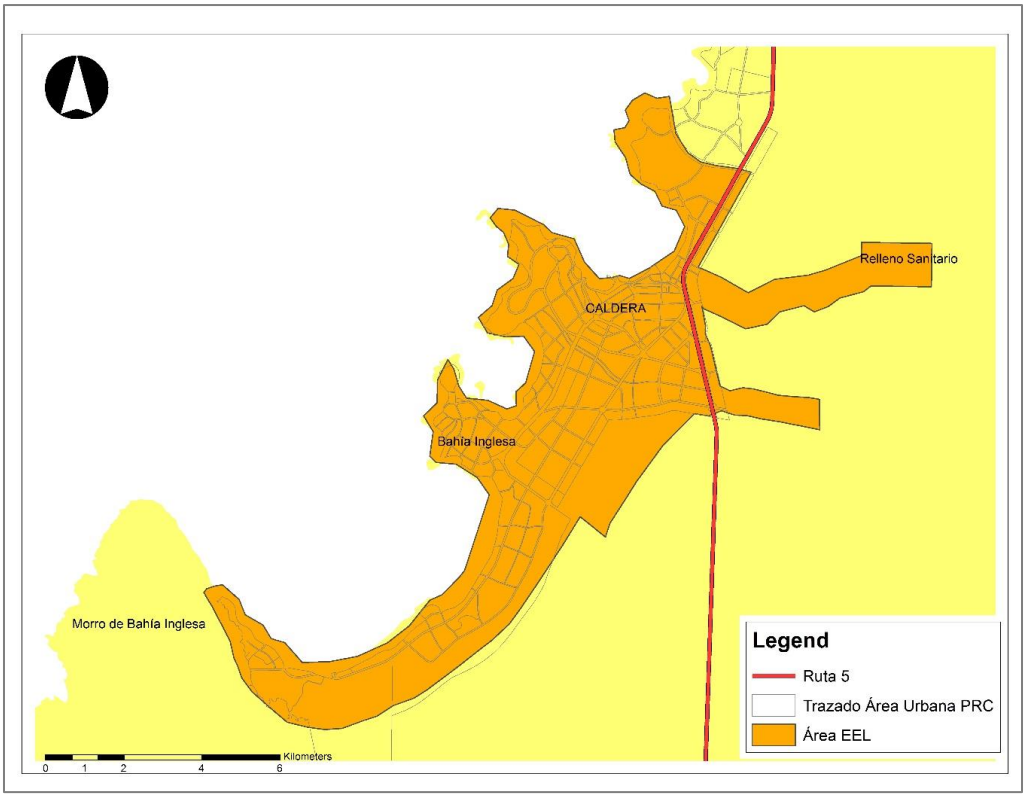

Ilustración 2: Mapa del área de influencia de la EEL de Caldera - perímetro de estudio.

3.2 Información demográfica

3.2.1 Antecedentes Demográficos

Según las proyecciones poblacionales estimadas por el INE la comuna de Caldera cuenta con una población de 17.542 personas para el año 2015, lo que corresponde a un 6% de la población de la región de Atacama cuya estimación para este año es de 312.486 personas[2]. Caldera es la tercera comuna con más población de la región antecedida por Copiapó y Vallenar.

[2] INE, Proyecciones de población (2014).

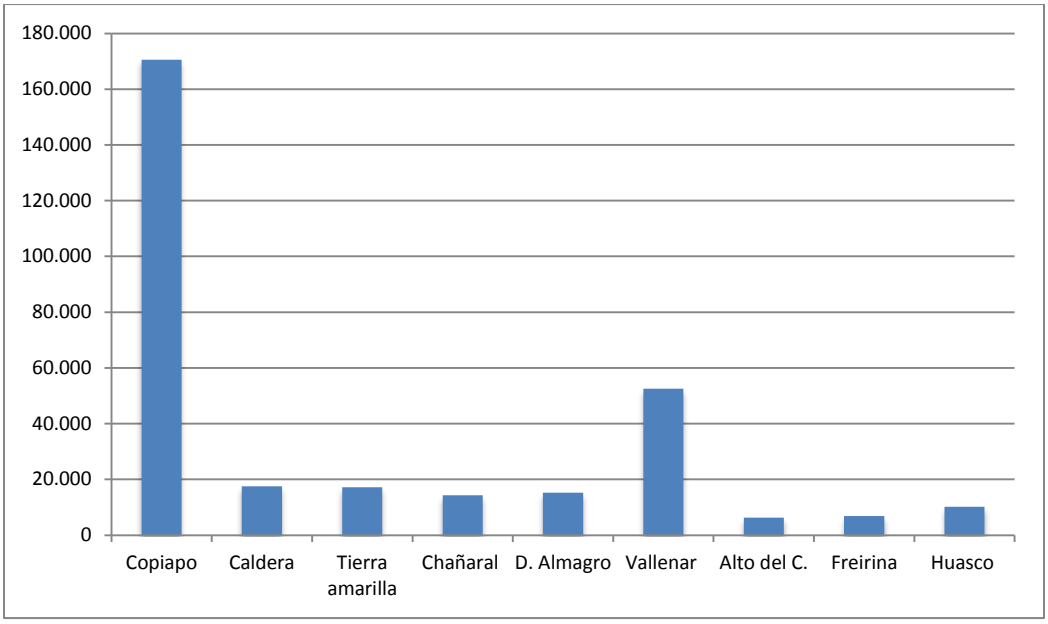

Ilustración 3: Población comunas de Atacama (2014).

Según las estimaciones la comuna se caracteriza por tener más población femenina 9.447 que masculina 8.095 personas, así como también de tener una gran presencia la población joven menor de 30 años (48%)[3.] En los últimos años los mayores de 60 años han ido en aumento, correspondiendo actualmente al 12% de la población versus 9% en el año 2002[4.]

La población que habita en áreas urbanas es de 94% en tanto que, en zonas rurales, vive el 6% de la población de la comuna. A nivel regional las áreas urbanas corresponden a 88,9% mientras que rurales a 11,1%[5]. En cuanto al tipo de vivienda, según el Censo Nacional de población y vivienda realizada en el año 2002, Caldera cuenta con 4.749 viviendas, de ellas el 80% de las construcciones corresponden a casas, el 16% corresponde a mejora, mediaguas y tan solo un 0,18% a departamentos.

Caldera cuenta con ocho Unidades Territoriales compuestas por sus correspondientes Unidades Vecinales, de ellas la mitad de la población de la comuna se encuentra ubicada en las Unidades de Manuel Orella y Las Playas[6].

[3] Ibídem.
[4] PLADECO, 2010 -2015.
[5] CELADE, 2002. Censo Nacional de población y vivienda.
[6] SECPLA, 2015. Reglamento Programa Presupuestario participativos comuna de Caldera.

Tabla 2. Unidades territoriales comuna de Caldera. Fuente: SECPLA 2015, basado en el Censo 2002.

Unidad territorial	N° de HAB
Manuel Orella	3.624
Ampliación Oriente	1.611
Bellavista	1.983
Caldera Antiguo	1.564
Balneario	186
Bahía Inglesa	108
Esperanza	1.921
Las Playas	4.213

En la Ilustración 4, presentada a continuación, aparecen desplegadas las distintas unidades vecinales presentes en Caldera:

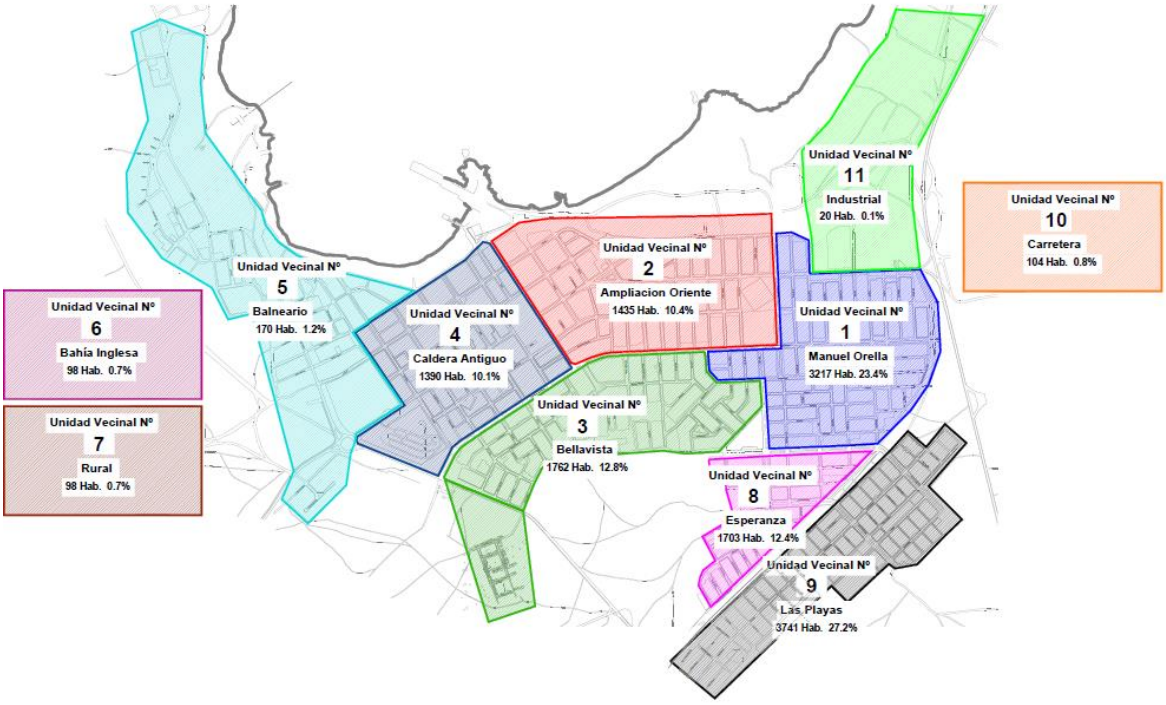

Ilustración 4: Unidades vecinales en Caldera.

Durante el mes de Julio del presente año, a requerimiento del Ministerio de Bienes Nacionales y mediante una resolución de la Gobernación Provincial se solicitó el desalojo de ocupaciones ilegales de terreno en el sector de "Punta de pescadores" en Bahía Inglesa, medida que responde al Plan de normalización de las ocupaciones ilegales del borde costero de la Región de Atacama[7]. Se estima que más de 7.500 casas en la comuna de Caldera, ubicadas mayormente en el borde costero están en esta condición de ilegalidad, emplazándose principalmente en las localidades del Sector Obispito, Rodillo, Caleta Zenteno y Barranquilla. Puerto Viejo es otra ocupación ilegal, sin embargo, se diferencia por ser un asentamiento privado con más de 2.000 casas[8].

La comuna cuenta con más de 383 organizaciones sociales, que se dividen en 25 temáticas institucionales.

Tabla 3. Organizaciones sociales comuna de Caldera. Fuente: Observatorio Caldera, 2012.

Temática de la institución	N° de organizaciones
Junta de vecinos	27
Centros de Madre y Organizaciones Femeninas	26
Agrupaciones Juveniles de Caldera	10
Agrupaciones Culturales	37
Clubes y Asociaciones Deportivas de Caldera	62
Agrupaciones de Adultos Mayores	16
Centros de Padres y Apoderados de los Colegios y Jardines Infantiles de Caldera	14
Comités de Vivienda y Organizaciones Ecológicas y Turísticas	54
Iglesia y Organizaciones Religiosas de la Comuna	16
Registro de Organizaciones Diversas de Caldera	27
Registro de Sindicatos de Pescadores	6
Registro de Sindicatos de Buzos	11
Registro de Sindicatos de Empresas	5
Registro de Sindicatos Portuarios	5
Agrupaciones de Artesanos	5
Agrupaciones y Sindicatos de Feriantes	5
Sindicatos de Taxis Colectivos	2
Registro de Organizaciones y Empresas Vinculadas a la Acuicultura	5
Otras Agrupaciones y Empresas Vinculadas al Mar, Turismo y Otros	6
Consejo Económico y Social Comunal de Caldera (titulares)	23
Estamento Funcional	6
Estamento Actividades Relevantes Económicas y Social	2
H. Concejo Municipal de Caldera	3

[7] El QuehaydeCierto. Consultado el 24 de julio del 2015 en la www.elquehaydecierto.cl/noticia/sociedad/finalmente-la-gobernacion-mando-desalojar-casas-en-toma-en-bahia-inglesa.
[8] La Segunda. Consultado el 24 de julio del 2015 en la. www.lasegunda.com/Noticias/Nacional/2012/12/808262/contraloria-ordena-el-desalojo-de-mas-de-300-casas-instaladas-irregularmente-en-el-borde-costero-de-caldera

Temática de la institución	N° de organizaciones
Registro de pavimentación participativa	8
Asociación Gremial	1

Entre las organizaciones sociales movilizadas por temáticas específicas en la comuna se destacan, La Mesa del Agua, Atacama Limpia, Movimiento del Borde Costero, y Mesa Social contra la Termoeléctrica Castilla, entre otras.

3.2.2 Sector Privado y Civil

La actividad económica de Caldera está directamente relacionada con los acontecimientos productivos de la región de Atacama. Entre las actividades de la región que causan mayor influencia cuentan los proyectos mineros de cobre y oro, así como de los nuevos proyectos de generación de energía con fuentes renovables. Como se ve en el histórico de ventas de la comuna, y en respuesta a la demanda regional como a la necesidad de diversificación productiva, hay sectores que en los últimos años experimentan una tendencia al crecimiento.

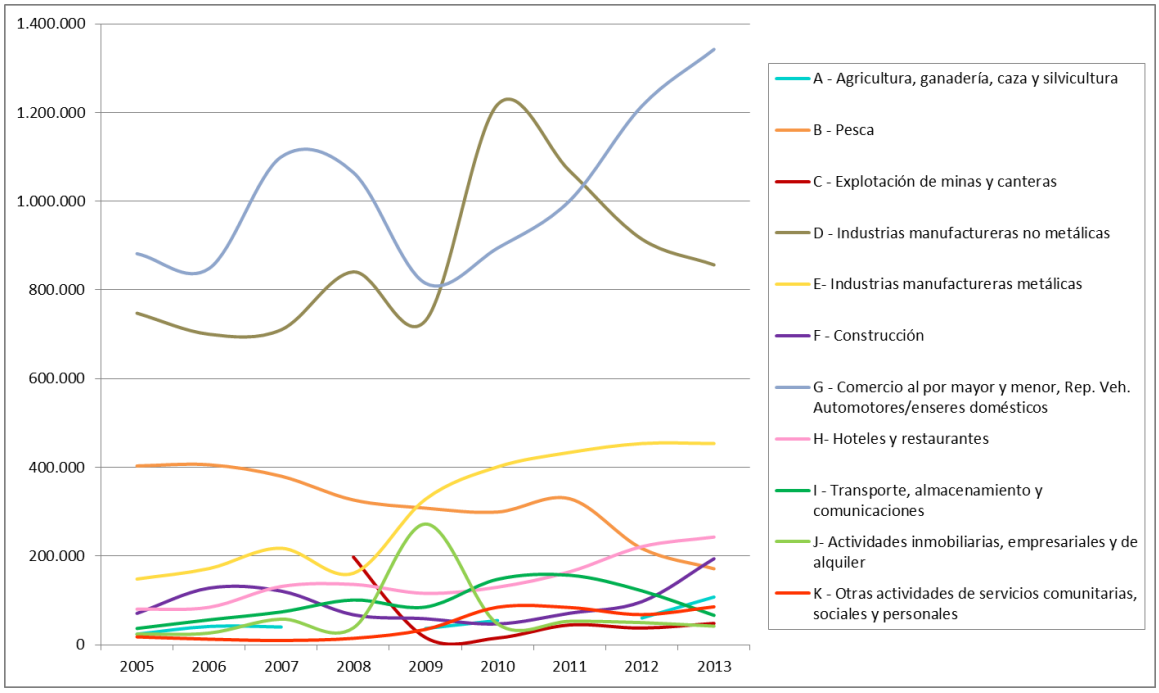

Ilustración 5: Histórico de ventas por rubro[9]. Fuente: Elaboración propia a partir de información de SII, 2013. "Estadísticas de empresas por región, comuna y rubro".

[9] Según información que proporciona el SII el gráfico no muestra sectores con información histórica incompleta.

El nivel de ventas de Caldera en el año 2013 fue de 3.7 millones de UF aproximadamente, de las que el 36% corresponde al rubro del Comercio al por mayor y menor, Rep. Veh. Automotores/enseres domésticos. El segundo rubro con más ventas son las Industrias manufactureras metálicas y no metálicas[10] con un 35% y en tercer lugar el rubro de Hoteles y restaurantes 7%. El rubro de la Agricultura, ganadería, caza y silvicultura; Pesca; Explotación de minas y canteras; Construcción; Transporte, almacenamiento y comunicaciones; Actividades inmobiliarias, empresariales y de alquiler; Otras actividades de servicios comunitarias, sociales y personales proporcionan solo un 20% de presencia de ventas en la comuna.

Se observa un crecimiento sostenido desde el 2009 del comercio, así como un crecimiento paulatino de la construcción, de los hoteles y restaurantes y las industrias manufactureras metálicas, sin embargo estas últimas se han estabilizado en sus ventas desde el año 2012. En el año 2010 se observa un *peak* en la Industrias manufactureras no metálicas pero que tuvo una caída sostenida, al igual que la pesca que desde el año 2007 ha ido a la baja.

En respuesta a la caída del sector pesquero por la sobreexplotación de la sardina, el jurel y la anchoveta, entre otros motivos, en Caldera se ha incrementado paulatinamente el desarrollo de la Acuicultura concentrándose principalmente en la Bahía de Caldera, Bahía Inglesa y Bahía Salada, donde se cultiva principalmente ostión del norte, del abalón (rojo y verde) y del alga tipo pelillo[11]. Según el Registro Nacional de Acuicultura la Región de Atacama cuenta con 83 centros inscritos, de ellos la gran mayoría se ubica en la comuna[12].

[10] De acuerdo al Servicio Nacional de Impuestos Internos se entenderá por Industria manufacturera no metálicas a: producción, procesamiento y conservación de alimentos, elaboración de productos lácteos, elab. de prod. de molinería, almidones y prod. derivados del almidón, elaboración de otros productos alimenticios, elaboración de bebidas, elaboración de productos del tabaco, hilandería, tejedura y acabado de productos textiles, fabricación de otros productos textiles, fabricación de tejidos y artículos de punto y ganchillo, fabricación de prendas de vestir; excepto prendas de piel, procesamiento y fabricación de artículos de piel y cuero, fabricación de calzado, aserrado y acepilladura de maderas, fab. de productos de madera y corcho, paja y de materiales trenzables, fabricación de papel y productos del papel, actividades de edición, actividades de impresión y de servicios conexos, fabricación de productos de hornos coque y de refinación de petróleo, elaboración de combustible nuclear, fabricación de sustancias químicas básicas, fabricación de otros productos químicos, fabricación de fibras manufacturadas, fabricación de productos de caucho, fabricación de productos de plástico, fabricación de vidrios y productos de vidrio, fabricación de productos minerales no metálicos n.c.p.

[11] Idear – Universidad Católica del Norte, 2007. Informe de caracterización ARDP región de atacama.

[12] Sernapesca, 2013.

Tabla 4. Tabla: Empresas por tamaño en Caldera. Fuente: SII, 2013. "Estadísticas de empresas por región, comuna y tamaño según ventas". *no incluye empresas sin ventas.

Rubro	Número de empresas	Ventas (UF)	N° de trabajadores
Grande	4	si	522
Mediana	18	si	931
Pequeña	184	1.273.312	935
Micro	756	380.571	959
Total comuna	1.050	3.716.546	3.350
Total región	15.525	146.259.172	88.014

Desde la perspectiva sectorial un indicador de interés son las ventas por puesto de trabajo. Según los datos que proporciona el SII, la fuerza de trabajo en caldera asciende al orden de 3.350 puestos de trabajo (trabajadores dependientes informados) y las ventas que se generan en la zona son de 3.7 millones de UF aproximadamente. Ello significa que el rendimiento económico del puesto de trabajo promedio es de 1.109 UF. El equivalente a nivel regional es de 1.661 UF y el nacional es de 2.219 UF por lo que el indicador de la comuna es menos productivo que la región y que el promedio nacional.

Según el PLADECO, la comuna ha sido influenciada por el crecimiento de la economía de la región, principalmente por las iniciativas mineras de cobre y oro proyectadas al 2020, así como proyectos de energía con fuentes renovables. Dado esto, la comuna se verá en la necesidad de crear servicios y funciones que den respuesta a la demanda local derivada de este crecimiento económico. En función a ese escenario se prospectan las siguientes obras: plantas desalinizadoras; optimización del Puerto Caldera; desarrollo del sector inmobiliario por disposición al uso de suelo, y la construcción de la ruta 5 Caldera-Chañaral, entre otros.

Infraestructura.

Entre las principales instalaciones ubicadas en la comuna para el desarrollo de la actividad productiva, se encuentran los Puertos, el aeropuerto regional, la ruta 5 y costera. Complementando las actividades productivas la comuna cuenta con equipamiento que permite el desarrollo de las actividades cotidiana de sus habitantes.

Los principales puertos de Calderas son: Puerto Caldera, Calderilla y Totoralillo.

Bahía de Caldera:

Muelle Fiscal

Este muelle tiene un largo de 223,8m. Permite la operación de naves de hasta 100m de eslora y 3m de calado, con capacidad para 1.000 toneladas. Es utilizado por PAM's y embarcaciones artesanales.

Muelle Punta Caleta

El muelle tiene una plataforma de 115 m de largo, con un ancho de 30 metros en un extremo y 17 metros en el otro extremo, permite recibir naves mayores y 11m de calado, con capacidad de 35.000 toneladas de peso muerto (DWT). Desde ese muelle se transporta la fruta producida por la región de Atacama.

Terminal de Petróleo Copec (Rocas Negras)

Terminal que recibe naves de 200m de eslora y 39 pies de calado, con capacidad para 47.000 toneladas de peso muerto (DWT). El terminal permite el abastecimiento de petróleo para gran parte de la región de Atacama.

Muelle Punta Padrones

El muelle tiene una plataforma de 143m de extensión, y permite recibir naves de 240m de eslora y 12,4m de calado, con capacidad de 50.000 toneladas de peso muerto (DWT). Transporta principalmente cobre y gráneles.

Bahía de Totoralillo:

Puerto Mecanizado de Punta Totoralillo.

Permite recibir naves de 330 metros de eslora, 18,6 metros de calado. Con capacidad para embarcar sobre 4.000.000 de toneladas métricas por año de concentrado de Hierro o "Pellet Feed". Recibe naves de hasta 200.000 toneladas de peso muerto (DWT). En el área del puerto se desarrollan tres operaciones: La Planta de Filtrado, el Acopio de Concentrado de Hierro y el embarque mediante un Muelle Mecanizado. Su función principal es el embarque de gráneles solidos[13]

[13] EIA. Proyecto Puerto en Punta Totoralillo.

Bahía de Calderilla:

Muelle Pontón Uro Pesquera Playa Blanca

Muelle con tres sitios de atraques que van de los 25m a 40m, permitiendo recibir naves de 10m de calado. Con capacidad para 35.000 TRG. Utilizado principalmente para embarcaciones artesanales y mercantes.

Bahía inglesa cuenta con muelles para labores de Acuicultura: Privado de Cultivos Marinos Internacionales S. A., Muelle Privado Cultivos Marinos Camanchaca S.A., Muelle Privado de Hidrocultivos S.A.

Aeropuerto Regional

El aeropuerto Desierto de Atacama se inauguró en el año 2005, ubicado a 22 kilómetros del Puerto de Caldera en el sector denominado Llanos de Caldera. Cuenta con instalaciones para el traslado de personas, exportación de productos entre otros. Cuenta con una pista de aterrizaje de 2.200m de largo, una terminal de 3.100 m^2 y estacionamientos para 170 vehículos.

Ruta 5 y Ruta Costera

La principal infraestructura vial de la comuna es la Ruta 5 que conecta a la comuna con Copiapó y desde Copiapó al paso internacional con Argentina, así como también con Chañaral. La Ruta Costera une Caldera con Huasco en una extensión de 174 kms.

Equipamiento[14]

Para la prestación de servicios y el desarrollo de las actividades de los habitantes de la comuna, Caldera cuenta con las siguientes instalaciones según el PLADECO 2011-2015:

[14] PLADECO, 2011-2015

Tabla 5. Equipamiento según escala, comuna Caldera. Fuente: PLADECO, 2011-2015.

Equipamiento	Escala[15]			
Clase	Mayor	Mediana	Menor	Básica
Científico	No existe	No existe	No existe	No existe
Comercio: centros y locales comerciales, supermercados, estaciones o centros de servicio automotor, restaurantes, fuentes de soda, bares, discotecas, etc.	No existe	Supermercado en Caldera	Restaurantes y Fuentes de Soda en Caldera, B. Inglesa	Caldera, B. Inglesa, Calderilla, Pto. Viejo
Culto y Cultura: templos; centros culturales, museos, bibliotecas, salas de espectáculos, cines, teatros, auditorios, exposiciones o difusión de toda especie; medios de comunicación.	No existe	No existe	Centro Cultural Estación Caldera	Templos, Biblioteca en Caldera
Deporte: estadios, centros y clubes deportivos, gimnasios, multicanchas; piscinas; recintos destinados al deporte o actividad física en general, cuente o no con áreas verdes.	No existe	No existe	Complejo Deportivo en Caldera	Multicanchas, Club de yates, canchas en Caldera
Educación: educación técnica, media, básica, básica especial y prebásica, centros de capacitación, de orientación o de rehabilitación conductual.	No existe	Escuela M. Orella en Caldera	Liceo Bco. Encalada en Caldera	Escuelas en Caldera, B. Inglesa
Esparcimiento: parques de entretenciones, juegos electrónicos o mecánicos, y similares.	No existe	No existe	No existe	Juegos infantiles en Caldera
Salud: hospitales, clínicas, policlínicos, consultorios, postas, centros de rehabilitación, cementerios.	No existe	No existe	Cementerio en Caldera	Centro de salud Caldera y posta Pto. Viejo

[15] Mayor: Para 6.000 personas ubicado en vías expresas y troncales. Mediano: para 1.000 y hasta 6.000 personas, ubicados en vías colectoras, troncales o expresas. Menor: para 250 y hasta 1.000 personas, ubicado en vías de servicio, colectoras, troncales o expresas. Básico: para 250 personas, ubicado en vías locales, de servicio, colectoras, troncales o expresas.

Seguridad: unidades policiales y cuarteles de bomberos, o cárceles y centros de detención, entre otros.	No existe	No existe	No existe	Bomberos en Caldera Carabineros en Caldera y Pto. Viejo.
Servicios: servicios profesionales, públicos o privados, tales como oficinas, centros médicos o dentales, notarías, instituciones de salud previsional, administradoras de fondos de pensiones, compañías de seguros, correos, telégrafos, centros de pago, bancos, financieras; y servicios artesanales, tales como reparación de objetos diversos.	No existe	No existe	Bancos en Caldera	Correo, Juzgados, Municipalidad y otros servicios en Caldera
Social: sedes de juntas de vecinos, centros de madres, clubes sociales y locales comunitarios.	No existe	No existe	No existe	En Caldera, B. Inglesa, Pto Viejo y Barranquilla.

4 Situación energética actual y futura

En la zona norte del país, es de mayor relevancia el consumo de electricidad en los sectores Residencial, Público y Privado, debido a sus características climáticas, en donde no se requiere una cantidad de combustible considerable para calefacción y agua caliente sanitaria en comparación a regiones del centro-sur del país. La demanda de energía térmica considera los consumos de gas licuado (GLP) de la comuna, en los formatos granel y cilindro.

4.1 Demanda de electricidad

La demanda de electricidad de la comuna de Caldera, la ejercen principalmente tres sectores: Residencial, Industrial y Comercial. Los siguen Alumbrado Público y los consumos derivados de la infraestructura Fiscal y Municipal. El primero, lo componen todas las viviendas de la comuna de Caldera, incluyendo casas ubicadas en las zonas de Caldera, Bahía Inglesa y Loreto. El segundo está compuesto de toda la infraestructura asociada a los actores industriales presentes en la comuna, principalmente puertos, pesca industrial y operaciones de acuicultura. El último lo componen

todos los servicios privados (comercio, servicios, entre otros) que se encuentre dentro del perímetro geográfico anteriormente descrito. Alumbrado Público y Fiscal Municipal lo componen: alumbrado público, semáforos, edificios municipales, escuelas municipales, centro de salud, etc.

De acuerdo a información obtenida de la Empresa EMELAT, el consumo eléctrico total de la comuna de Caldera en el año 2014 fue de 34.538 MWh, donde el 46% representa al sector Industrial, el 31% al sector Residencial, el 13% al sector Comercial, el 7% a Alumbrado Público, y el restante 3% al sector Fiscal y Municipal. Este número no incluye los consumos de electricidad de los clientes libres presentes en la comuna, como es el caso de Puerto Punta Totoralillo (CAP) y Puerto Punta Padrones (Minera Candelaria).

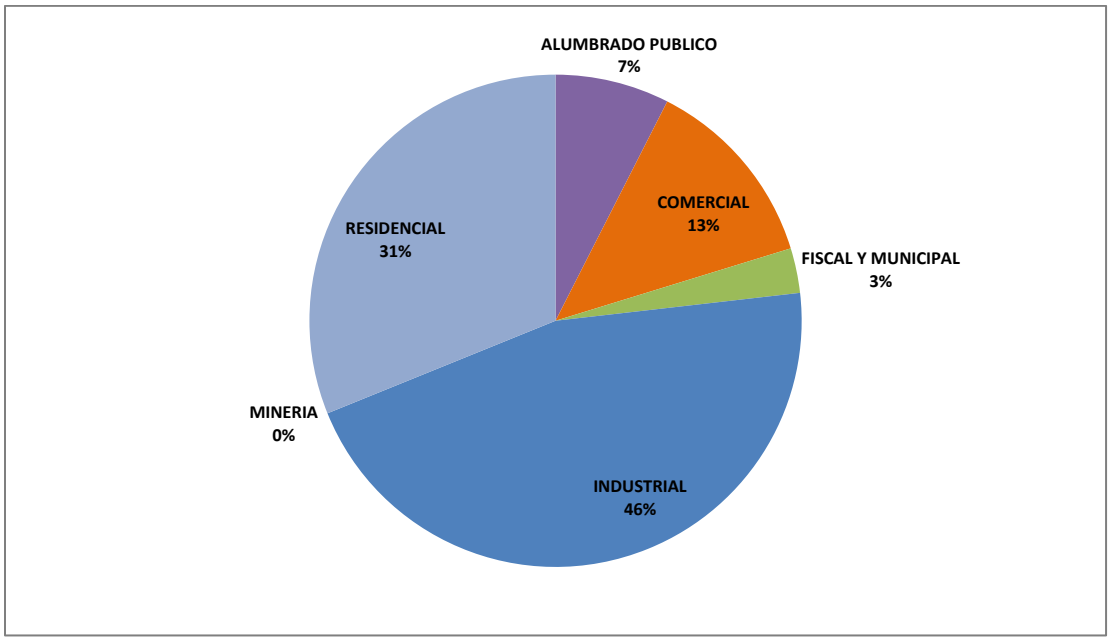

Ilustración 6: Distribución del consumo eléctrico en la comuna de Caldera (2014)[16].

A continuación se presenta, en la Ilustración 7, la evolución de los consumos de electricidad por sector en la comuna de Caldera, para el periodo 2011 - 2014.

[16] Fuente: Elaboración propia en base a información de EMELAT

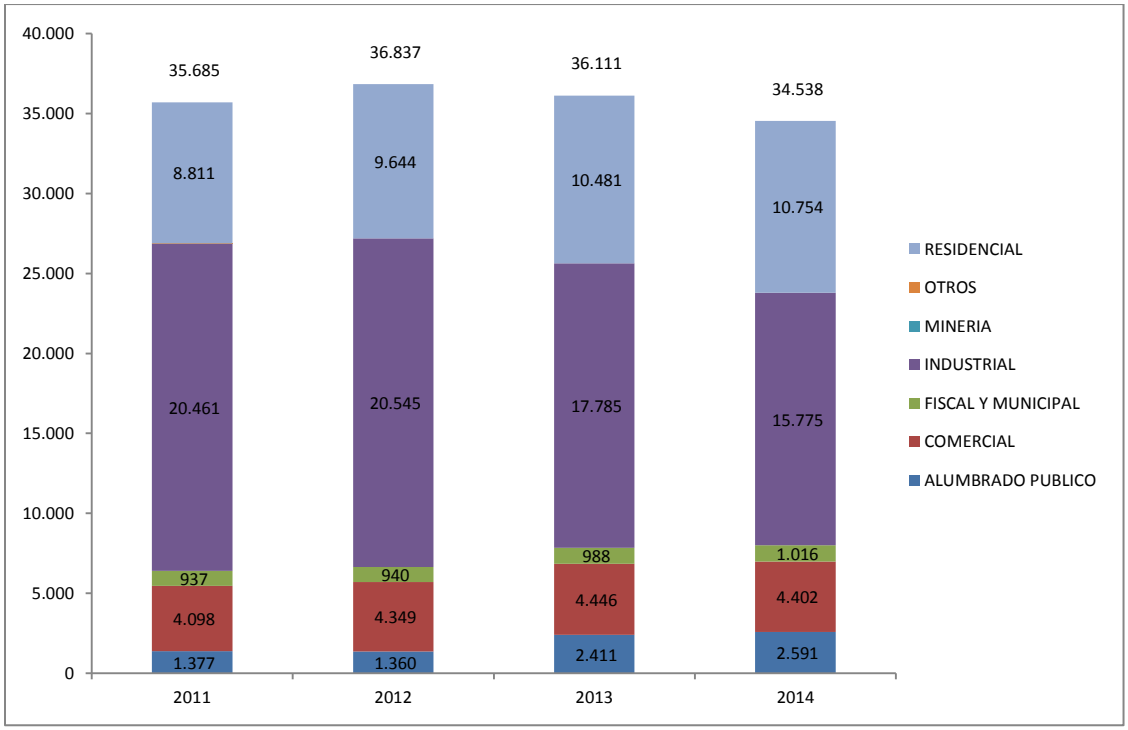

Ilustración 7: Consumos de electricidad por sector en Caldera (MWh).[17]

La evolución de los consumos de electricidad según sector en los últimos tres años permite sacar algunas conclusiones respecto a la comuna de Caldera. El consumo residencial ha aumentado en un 22% en los últimos 3 años, mientras que los consumos derivados de alumbrado público aumentaron un 88% entre el año 2011 y el 2014. Contrariamente a lo experimentado en estos dos segmentos, el consumo de electricidad proveniente del sector industrial ha mostrado una baja de 23% en los últimos 3 años. Con respecto a los dos primeros segmentos mencionados, se puede inferir que la comuna de Caldera ha experimentado un crecimiento poblacional, acompañado de un aumento del parque de viviendas para uso residencial. Complementario a esto, los puntos de luminaria pública también han mostrado un crecimiento importante, acompañando las necesidades de iluminación pública del sector residencial.

La caída de 23% en el consumo eléctrico experimentado por el sector industrial entre el año 2011 y 2014, puede ser explicado por la caída en la actividad pesquera industrial que se ha visto en la comuna.

A continuación se presenta un detalle de la evolución de los consumos eléctricos por sector en la comuna de Caldera para el periodo 2011-2014.

[17] Fuente: Elaboración propia en base a información de EMELAT.

4.1.1 Sector Residencial

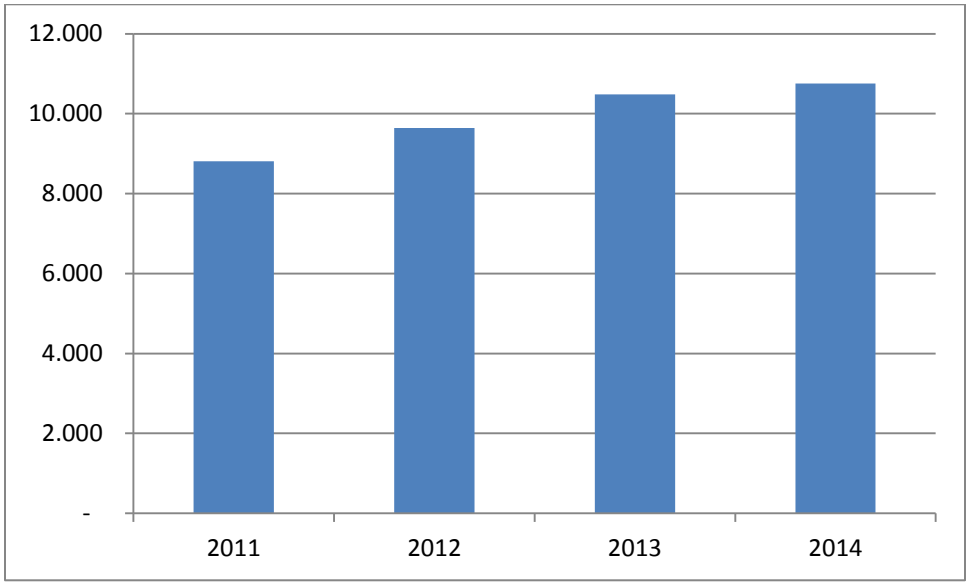

Ilustración 8: Consumo de electricidad categoría Residencial (MWh).

Según información de la última encuesta CASEN, año 2009, existen 4.077 viviendas en la comuna de Caldera. Actualmente, la municipalidad de Caldera no cuenta con información más reciente que la expresada en la encuesta CASEN, por lo que se trabajará en base a esos datos. A continuación se presenta una tabla con información del sector residencial, según CENSO 2002 y las últimas encuestas CASEN:

Tabla 6. Viviendas en Comuna de Caldera. Fuente: CENSO (2002); Encuesta CASEN (2009)

Tipo de vivienda	2002	2003	2006	2009
Casa		3.840	3.508	4.077
Departamento		0	0	0
Pieza		38	20	0
Otro tipo		22	28	0
Total	**3.775**	**3.900**	**3.556**	**4.077**

Tomando en consideración el número de viviendas existentes en la comuna, y el consumo de electricidad del sector residencial, podemos afirmar que el consumo de electricidad por vivienda en la comuna de Caldera es aproximadamente de 2,64 MWh por año.

A continuación se presenta un análisis comparativo de los consumos de electricidad por vivienda en distintas zonas de Chile. Caldera presenta un consumo más alto que el promedio nacional, pero más bajo que el del segmento socioeconómico ABC1, y significativamente más bajo que el consumo promedio por vivienda de países desarrollados como Australia y Estados Unidos.

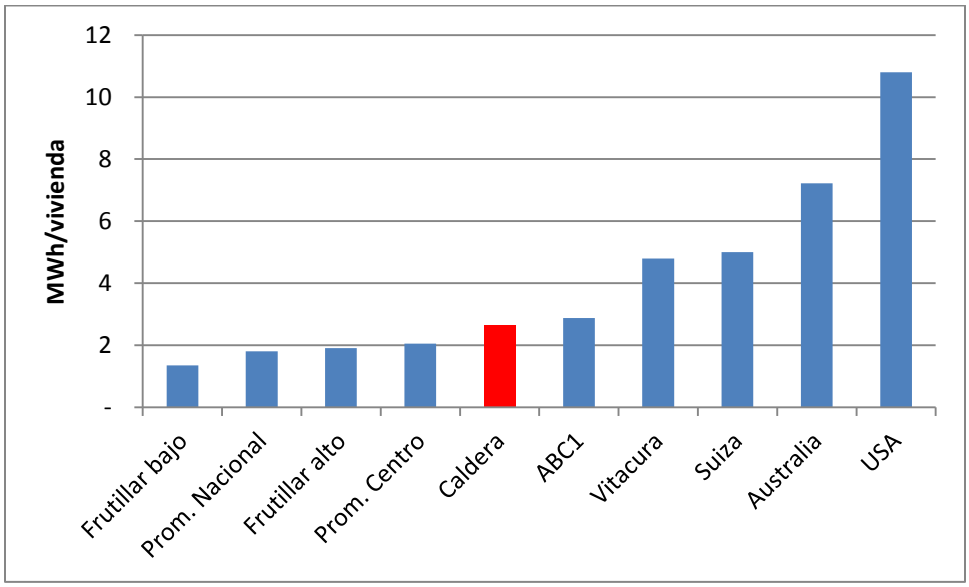

Ilustración 9: Consumo eléctrico por vivienda.

Por otra parte, el consumo eléctrico de una vivienda en la comuna de Caldera, en promedio, es predominado por el consumo de Refrigeradores (32,6%), seguido por el de Televisores (15,5%), Iluminación (13,9%) y stand-by (10,4%), tal como se observa en la Ilustración 8. Esta caracterización en usos finales de la energía eléctrica, es de vital importancia para establecer posibles medidas de eficiencia energética o la incorporación de ERNC en forma distribuida en viviendas.

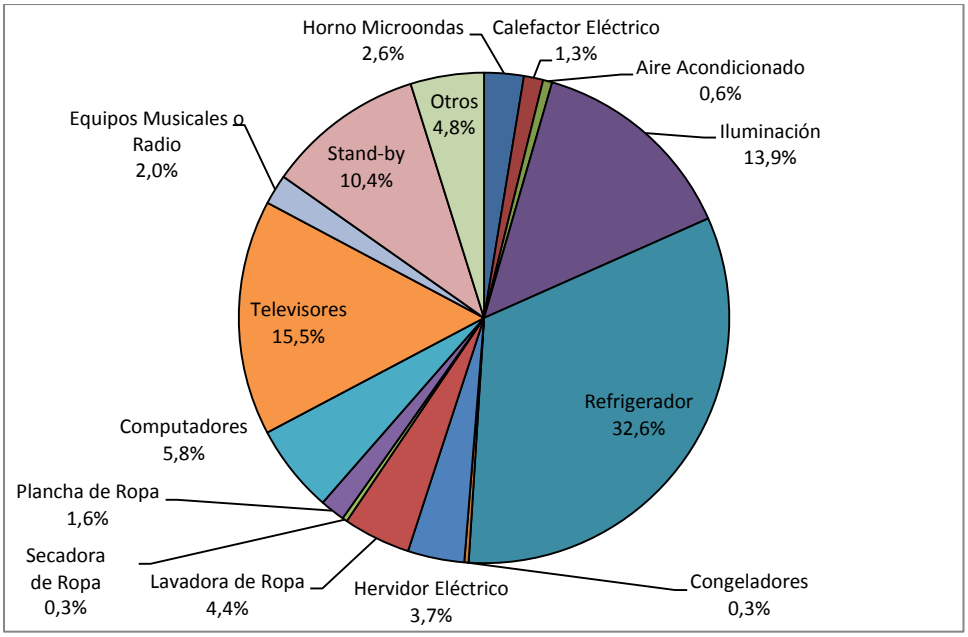

Ilustración 10: Usos finales de la energía eléctrica en viviendas de la zona de Caldera.[18]

4.1.2 Sector Público

El sector Público de la comuna de Caldera comprende la infraestructura asociada a los servicios públicos de la comuna: oficinas municipales, centro de salud, establecimientos educacionales municipales y alumbrado público. A continuación se presentan los gráficos con la evolución de los consumos de electricidad referentes a Alumbrado Público y Fiscal y Municipal, según las categorías establecidas por la empresa EMELAT.

[18] Fuente: Elaboración propia en base a información de la Zona Térmica 1 de CDT, 2010.

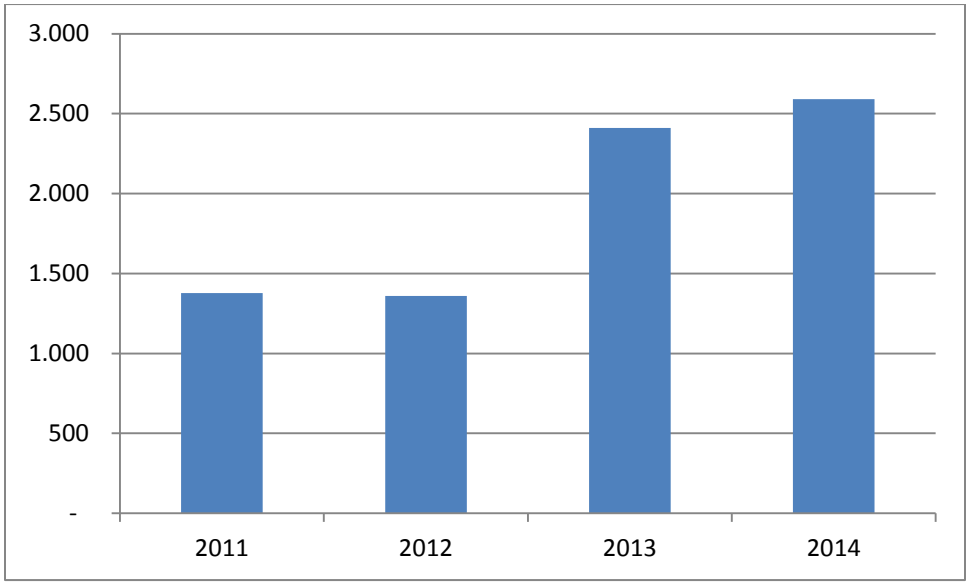

Ilustración 11: Consumo de electricidad categoría Alumbrado Público (MWh).

El consumo de electricidad por concepto de alumbrado público ha mostrado un progresivo crecimiento en los últimos 3 años, aumentando un 88% entre el año 2011 y 2014. Este crecimiento se debe a dos principales razones. En el pasado se buscaba el ahorro electricidad al dejar ciertos sectores de la comuna apagados durante el año, lo que hoy no ocurre ya que todo el parque de luminarias públicas se mantiene encendido durante el año completo. Adicionalmente, el parque de luminarias ha aumentado en los últimos 3 años.

A continuación se presenta una tabla que detalla el tipo de luminarias existentes en la comuna de Caldera:

Tipo de Luminarias Existentes en la Comuna	Cantidad (c/u)	Participación Respecto del Total (%)
Incandescente	0	0
Halógenas	0	0
Mixta	0	0
Mercurio	0	0
Haluro metálico con balasto normal	188	6
Sodio Alta Presión con balasto normal	0	0
Sodio Baja Presión	2.853	93
Haluro metálico con balasto DNP	0	0
Sodio Alta Presión con balasto DNP	0	0
LED	0	0
Total	**3.041**	**100**

Ilustración 12: Tipos de luminarias en la comuna de Caldera.

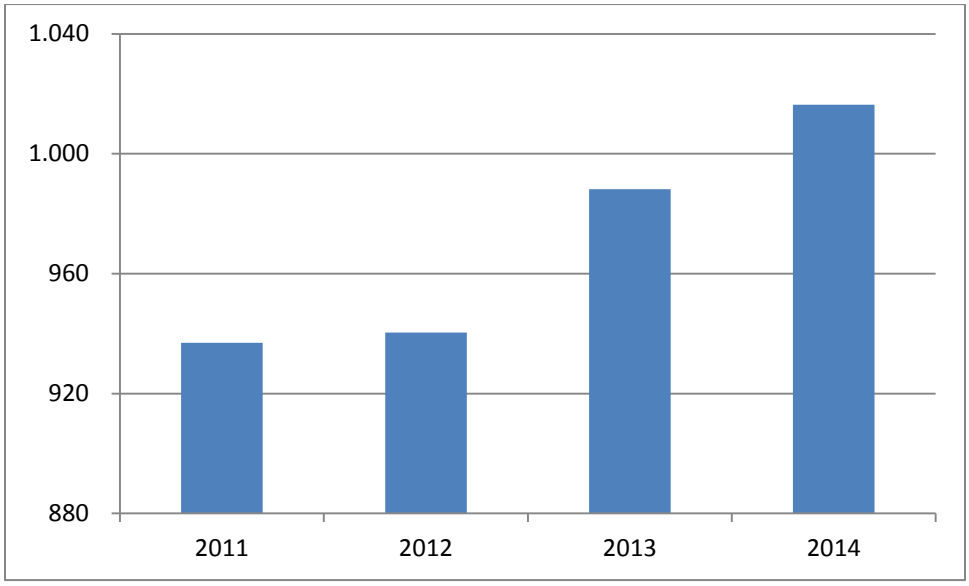

Ilustración 13: Consumo de electricidad categoría Fiscal y Municipal (MWh).

El consumo eléctrico asociado a la infraestructura municipal también ha mostrado un sostenido crecimiento en los últimos tres años, aumentando un 8,5% en el periodo 2011 - 2014.

4.1.3 Sector Privado

El sector Privado de la comuna de Caldera, lo componen el sector Comercial y el sector Industrial. A continuación se presentan los consumos eléctricos de ambos.

4.1.3.1 Sector Comercial

Este sector abarca la mayor parte de los establecimientos ligados al Comercio de la comuna de Caldera. Aquí se encuentran: supermercados, bancos, comercio menor, hoteles, hostales y restaurantes, entre otros. Este sector se encuentra ligado al crecimiento económico y demográfico que experimenta el país, la región de Atacama y particularmente la comuna de Caldera. De particular importancia son los establecimientos relacionados al sector turismo (hoteles y restaurantes), dada la incidencia que tiene este sector en la economía local de la comuna.

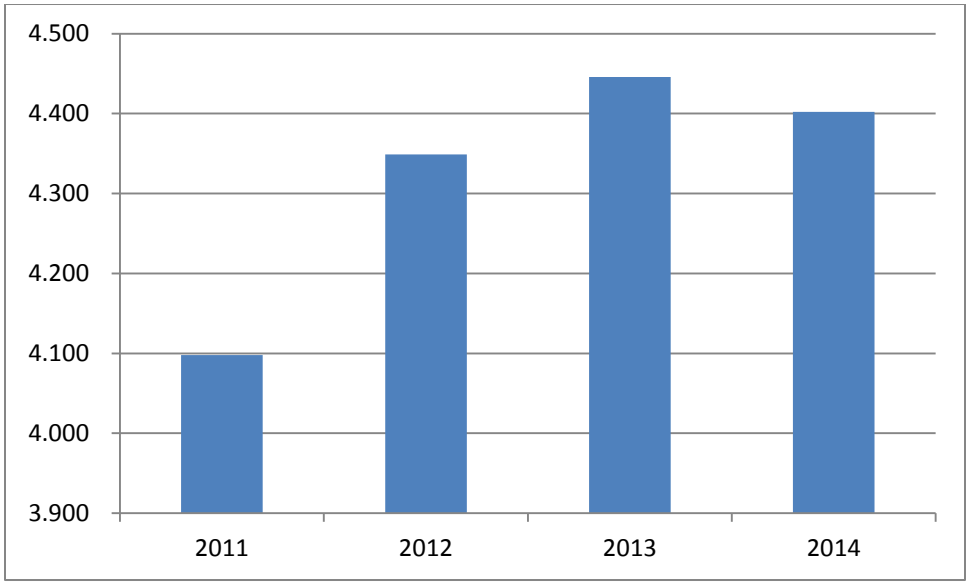

Ilustración 14: Consumo de electricidad sector Comercial (MWh).

La evolución de los consumos de electricidad del sector comercial permite inferir que el crecimiento en los años 2011-2013 está directamente relacionado con el crecimiento económico que mostró el país en ese periodo, mientras que la caída en el año 2014 refleja la desaceleración experimentada por la economía nacional.

4.1.3.2 Sector Industrial

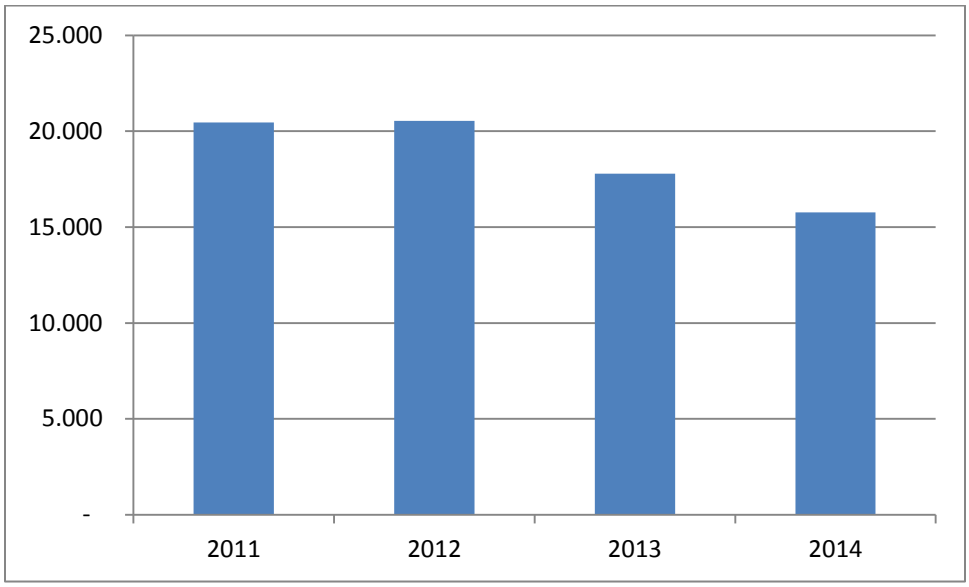

Ilustración 15: Consumo de electricidad sector Industrial (MWh)

El sector industrial es el mayor consumidor de electricidad en Caldera, representando un 46% del total de electricidad consumida en la comuna. El sector industrial de Caldera está primordialmente representado por las actividades portuarias y faenas relacionadas a las industrias de la pesca industrial y la acuicultura. La baja en el consumo mostrada desde el año 2012 en adelante puede estar explicada por la caída en la actividad económica en conjunto con la baja específica que ha experimentado el sector pesquero en la zona de Caldera.

Esta información no incluye los consumos de electricidad de clientes libres presentes en la comuna de Caldera.

4.2 Demanda de energía térmica

Como fue mencionado anteriormente, en la zona norte del país donde está ubicada la comuna de Caldera, generalmente no se aprecian necesidades de energía térmica por concepto de calefacción para los segmentos comercial, residencial y público, dadas las características climáticas de la zona. Los usos de energía térmica en el sector residencial provienen del abastecimiento de agua caliente sanitaria y utilización de gas para cocinar.

A continuación se presentan los consumos de gas licuado de la comuna de Caldera para los años 2013 y 2014. Esta incluye las ventas de gas licuado de las tres empresas que operan en la comuna: Abastible, Lipigas y Gasco. Además, en estos datos están representados los consumos de gas en cilindro y gas en granel. A la fecha no se cuentan con información más detallada (consumos por tipo de cliente y desglose de consumos de gas en cilindro para distintos formatos de cilindro), pero se espera poder obtenerla y así incorporarla en el informe final.

Tabla 7. Consumo de Gas licuado (GLP). Fuente: Abastible (2015)

Consumo de GLP (kgs)	2013	2014
Envasado (cilindros)	1.087.873	1.037.421
Granel	305.983	148.532
Total	**1.393.856**	**1.185.953**

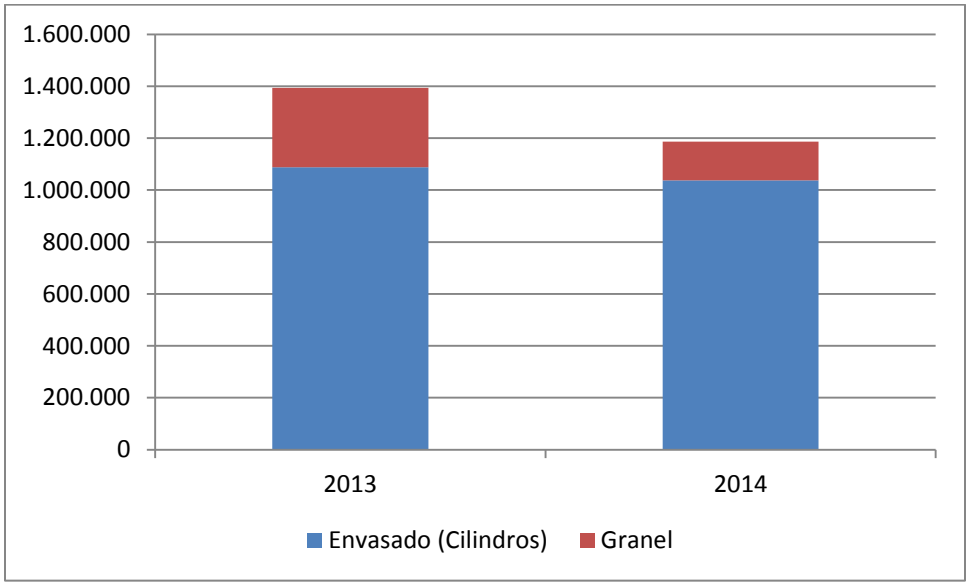

Ilustración 16: Consumo de GLP comuna de Caldera (kgs). Fuente: Abastible (2015)

La información respecto a consumos de GLP en la comuna de Caldera muestra que el gas en cilindros, el cual es principalmente utilizado por el sector residencial, se mantuvo estable entre los años 2013 y 2014. Por el contrario, el gas licuado a granel sufrió una importante caída entre los años 2013 y 2014, decreciendo un 51%. Esto puede estar explicado por una disminución en la actividad económica de la comuna en el año 2014, especialmente para el sector industrial y comercial, principales consumidores de gas a granel.

4.3 Capacidad de las líneas de transmisión para exportación de electricidad

La comuna de Caldera cuenta con dos líneas de transmisión de electricidad. Una de ellas es propiedad de la empresa Transnet, parte del grupo CGE (adquirido por la española Gas Fenosa). A continuación se presenta el detalle de esta:

Tabla 8. Línea de Transmisión Tap Impulsión - Caldera. Fuente: Transnet (2015)

Línea	Tensión (kV)	N° circuitos	Longitud (km)	Capacidad máxima (MVA)
Tap Impulsión - Caldera	110	1	54,2	61,92

En reunión sostenida con Juan Pinilla, Jefe de Transmisión Atacama de la empresa Transnet, se nos informó que la capacidad actual de transporte de esta línea es de 53 MVA. Bajo ciertas condiciones, 1 MVA es aproximadamente 0,93 MW, por lo tanto se podría afirmar que la capacidad disponible de la línea Tap Impulsión – Caldera es de aproximadamente 49 MW.

Adicionalmente, existe una línea de 220 kV de propiedad de la empresa CAP, mediante la cual abastece las necesidades de electricidad de su proyecto minero Cerro Negro Norte y la Planta Desalinizadora Punta Totoralillo.[19]

Tabla 9. Línea transmisión proyecto minero cerro negro

Línea	Tensión (kV)	N° circuitos	Longitud (km)	Capacidad máxima (MVA)
Suministro Mina Cerro Negro Norte y Planta Desalinizadora Punta Totoralillo	220	2	140	250

[19] Fuente: Declaración de Impacto Ambiental Proyecto Línea de Transmisión Eléctrica Suministro Mina Cerro Negro Norte y Planta Desalinizadora Punta Totoralillo. Julio 2010

En reunión sostenida con Gabriel Valencia, Jefe del Puerto Punta Totoralillo, se nos informó que la capacidad disponible de transmisión de la línea de CAP es de 50 MVA. Por lo tanto se puede afirmar que la capacidad disponible de esta línea es de 46,5 MW.

4.4 Proyectos Energéticos desarrollados en la región de Atacama en los últimos 5 años

Los proyectos de energía desarrollados en los últimos 5 años en la región de Atacama muestran un cambio en la tendencia tecnológica en cuanto a las fuentes energéticas utilizadas. En el periodo 2009-2010 se construyeron 6 plantas termoeléctricas a petróleo diesel, sumando una potencia instalada total de 407 MW. Por el contrario, en el periodo 2013-2014, se ve una fuerte entrada de plantas solares fotovoltaicas, particularmente en las comunas de Diego de Almagro, Tierra Amarilla y Copiapó. La construcción de 10 plantas en dos años acumuló 357 MW de capacidad instalada de energía solar fotovoltaica. Esto demuestra que la región de Atacama presenta un interesante potencial solar, y esta tecnología es de rápida construcción y puesta en marcha.

A continuación se presenta una tabla con el detalle de los proyectos energéticos desarrollados en la región de Atacama en los últimos 5 años.

Tabla 10. Proyectos energéticos en la Región de Atacama. Fuente: Seremia de Energía de Atacama (2015)

Planta	Propietario	Año	Comuna	Tipo	Potencia (MW)
Emelda	Emelda S.A	2009	Diego de Almagro	Petróleo diesel	68,7
El Salvador	SWC	2010	Diego de Almagro	Petróleo diesel	23,7
Rio Huasco	Hidroeléctrica Rio Huasco	2013	Vallenar	Mini hidro de pasada	5,1
Solar Las Terrazas	EBCO	2014	Tierra Amarilla	Solar	3,0
Chañares	Enel Green Power	En pruebas	Diego de Almagro	Solar	34,9
PV Salvador	PV Salvador SpA	En pruebas	Diego de Almagro	Solar	68
Esperanza	RTS Energy	2013	Diego de Almagro	Solar	2,9

Solar Diego de Almagro	Solar Diego de Almagro	2014	Diego de Almagro	Solar	28,1
Solar Llano de Llampos	Solar Llano de Llampos	2014	Copiapó	Solar	101,1
Solar San Andrés	Solar San Andrés	2014	Copiapó	Solar	50,6
Solar Santa Cecilia	Solar Santa Cecilia	2013	Vallenar	Solar	2,9
Solar Hornitos	Subsole	2013	Tierra Amarilla	Solar	0,3
Solar Javiera	Javiera	En pruebas	Chañaral	Solar	65

Adicionalmente, es interesante destacar algunas iniciativas de carácter público que están siendo impulsadas por el Gobierno y que podrían presentar sinergias con la EEL. A continuación se destacan algunos de estos programas:

- El Programa de **Recambio de Luminarias de Alumbrado Público**, desarrollado por el Ministerio de Energía e implementado por la Agencia Chilena de Eficiencia Energética, permitirá reemplazar 200.000 luminarias por tecnologías eficientes a lo largo del país, en un periodo de 4 años. Caldera es uno de los municipios que está incluido en el plan de recambio, lo que significará el recambio de 3.000 luminarias de su parque existente por tecnología LED. Esto se llevará a cabo en el 2017 y representa un recambio de 98% del parque total.
- El **Subsidio para Acondicionamiento Térmico de la Vivienda** permite reacondicionar térmicamente viviendas sociales o cuya tasación no supere las 650 UF, pertenecientes a familias que cuentan con máximo de 13.484 puntos en su ficha de protección social. Este subsidio tiene como objetivo lograr que las familias beneficiadas accedan a ahorros en calefacción y que disminuyan los efectos de condensación al interior de las viviendas. Aun cuando en Caldera el uso de calefacción es prácticamente inexistente debido a las condiciones climáticas, este subsidio puede resultar interesante para familias de escasos recursos que busquen estabilizar la temperatura y aumentar el confort térmico adentro de sus viviendas.

4.5 Entrevistas realizadas con actores de la comuna

En esta sección se describen, a grandes rasgos, los principales actores que participan directa o indirectamente del sector energético de la comuna de Caldera. A continuación se presenta una

tabla con el detalle de las reuniones que ha sostenido a la fecha el equipo consultor, en el marco del desarrollo de la estrategia energética local de la comuna. Estas organizaciones y personas fueron incluidas debido a las siguientes razones:

- Nivel de influencia en la comunidad y entendimiento de la realidad local
- Relevancia en el sector energético
- Participación en la economía local
- Acceso a información relevante para el desarrollo del concepto energético

Tabla 11. Entrevistas. Fuente: Elaboración propia

Nombre	Organización	Cargo	Fecha
Patricia González; Alvaro Pino; Víctor Ossandón	Municipalidad de Caldera	Alcaldesa; Director SECPLA; Administrador Municipal	25 de mayo
Eduardo Ledesma	Municipalidad de Caldera	Encargado iluminación pública	25 de mayo
Antonia Olivares	Municipalidad de Caldera	Jefa Depto. Educación Municipal	25 de mayo
Angelo Bassi	Municipalidad de Caldera	Encargado Relleno Sanitario Municipal	25 de mayo
Luis Rubiño	Puerto Punta Padrones	Operaciones	25 de mayo
Rodrigo Quilodrán	Puerto Punta Padrones	Encargado Mantenimiento	25 de mayo
Jorge Salazar	Puerto Fruta	Gerente Puerto	25 de mayo
Cristóbal Thompson	Cultivos Marinos San Cristóbal	Gerente General	26 de mayo
Luis Morales; Cristián Galaz; Alejandra Miranda; Bernardo Sepúlveda	CRIDESAT – UDA	Varios	27 de mayo
Ingrid Aguad	Seremia Medio Ambiente Atacama	Seremi	27 de mayo
Cristian Dorador; Jessica Canelo	Emelat	Depto. Soluciones Energéticas	27 de mayo
Fernando Muñoz	Gasco	Jefe de ventas zona Copiapó	27 de mayo
Angela Romero	Lipigas	Jefe de ventas zona Copiapó	27 de mayo

Andrés Crisosto	Abastible	Jefe negocio solar y eficiencia energética	3 de julio
Gabriel Valencia	Puerto Punta Totoralillo (CAP)	Jefe de Puerto	11 de junio
Ibar Espinoza;Nicolás Cabrera	CCIRA	General Manager	9 de julio
Guillermo Reyes; Sebastián Vega	CChC Copiapó	Gerente y encargado de estudios	9 de julio
Juan Pinilla	Transnet	Jefe zonal Atacama	9 de julio
Nancy Matus; Eduardo Moller	Gobierno Regional	Depto. Geografía GORE	9 de julio
Juan Madrigal	Universidad de Atacama	Depto. De Ingeniería	9 de julio
Cristián Bravo	Club Kitel Atacama	Fundador	10 de julio

4.5.1 Sector Industrial

La principal actividad industrial de la comuna de Caldera tiene que ver con los puertos utilizados para cargar material proveniente de faenas mineras ubicadas en la región de Atacama. Además se observan como relevantes, las faenas acuícolas como actividad económica característica de la comuna de Caldera.

A continuación se describen resumidamente las actividades de los algunos actores del sector industrial con que el equipo consultor sostuvo reuniones para sondear una potencial colaboración e involucramiento en la estrategia energética de Caldera:

4.5.1.1 Puerto Punta Totoralillo, CAP - Minería

La empresa nacional CAP opera en el sector de Punta Totoralillo principalmente 2 faenas:

1. Planta de filtros y embarque de hierro. Con capacidad máxima de 7 millones de tons/año de pellets de feed. El concentrado proviene de las faenas mineras Cerro Negro Norte y la Planta de Magnetita a través de concentraductos.
2. Planta desalinizadora a cargo de Aguas CAP y operada por la empresa española Acciona. Esta abastece las dos faenas mineras mencionadas anteriormente y a Caserones, con capacidad instalada de 400 lts/seg, y posibilidad de ampliación de un módulo más equivalente a 200 lts/seg.

La empresa es un cliente libre que negocia sus contratos de suministro energético directamente con Endesa y AES Gener. Se conectaron al sistema interconectado central en septiembre de 2014. CAP cuenta con un comité encargado de analizar temas de eficiencia energética, compuesto por personal de diversas áreas. Este comité se reúne periódicamente en reuniones en la central de CAP en La Serena. La empresa mantiene contacto con la comunidad de Caldera a través de las siguientes iniciativas:

- Apoyo en temas educacionales a las 3 escuelas de la Comuna: Implementación de biblioteca.
- Apoyo a grupo de pescadores, mariscadores y recolectores de algas aledaños (Caleta Zenteno) a la faena en conformación de cooperativa. Además se evalúan otras iniciativas como instalación de paneles en caleta (9 personas).
- Todos los excedentes de las capacitaciones SENCE son donados a la comuna para el desarrollo de capacitación.

A continuación se presenta un gráfico que muestra los consumos mensuales de electricidad del puerto Punta Totoralillo de CAP. Esta información no incluye los consumos relacionados a la planta desalinizadora. Anualmente, la operación portuaria de CAP consume sobre 9.800 MWh.

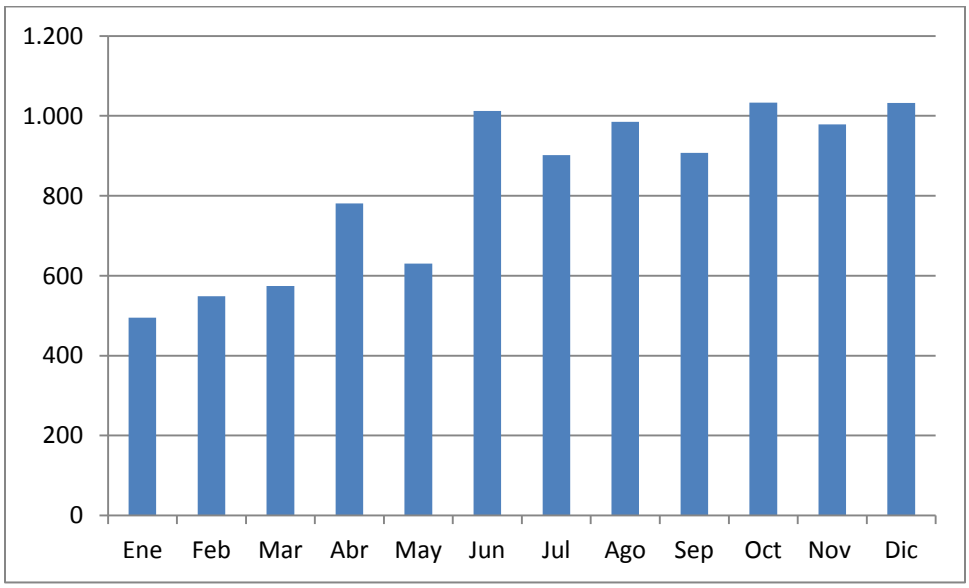

Ilustración 17: Consumo de electricidad de puerto Punta Totoralillo año 2014 (MWh).

4.5.1.2 Puerto Punta Padrones – Compañía Minera Candelaria

Existen dos tipos de operaciones en el puerto Punta Padrones: embarque de concentrado de cobre y la explotación de la planta desalinizadora, la cual opera desde abril del 2012. El embarque

de concentrado de cobre alcanza entre las 60.000 y 70.000 tons/mes y su proceso se divide en 4 partes: recepción de camiones con el concentrado (100-150 camiones por día aprox); descarga; acopio (la mayor parte del concentrado es de la mina Candelaria, siendo el aporte de Ojos del Salado marginal dentro de la historia de Punta Padrones); y embarque. Son dos a tres barcos por mes habitualmente.

La planta desalinizadora contempla el tratamiento de 500 lts/seg las 24 horas del día para abastecer a la mina de Candelaria y Ojos del Salado. Las faenas mineras se encuentran abastecidas por un ducto que cubre 110 kms. El agua es impulsada hasta el sector de Bodega en la salida norte de Copiapó para ser reimpulsada desde ese punto a las minas.

El puerto tiene un consumo de 10 MWh cuando opera en el máximo de su capacidad de diseño. El 90% de este consumo está asociado a la operación de la planta desalinizadora, siendo la osmosis inversa y la impulsión los procesos de mayor consumo dentro de la desalinización. El 10% restante corresponde a las otras operaciones del puerto. El abastecimiento de energía eléctrica de las operaciones del puerto y planta desalinizadora se encuentra en el marco de un contrato con la empresa AES Gener hasta el año 2019.

La empresa ha analizado la implementación de paneles solares fotovoltaicos en la techumbre del área de oficina, y hoy la iluminación de ésta es abastecida con energía solar fotovoltaica.

Existe una buena disposición de la empresa para participar en la implementación de la EEL, sobre todo en el área de educación. Durante la temporada de verano, la empresa recibe alumnos en práctica de la Escuela Padre Negro, pero se constata que existe una brecha importante en la formación técnica de las escuelas locales que podría trabajarse de manera conjunta tanto como una necesidad local y como proyecto para el futuro de Caldera. Se han observado experiencias exitosas en este ámbito, por ejemplo las escuelas de formación técnica de Celulosa Arauco en el sur.

4.5.1.3 Cultivos Marinos San Cristóbal

La empresa Cultivos Marinos San Cristóbal, ubicada al norte de la bahía de Caldera, se dedica a la producción de abalones, principalmente para la exportación a Asia. Su producción anual alcanza las 150 toneladas, y está dividida en 2 principales productos: abalón entero con concha y abalón enlatado cocinado. La empresa pertenece a APROA A.G. (asociación gremial de abaloneros de Chile) y a ASIPEC A.G. (asociación gremial de cultivadores y pescadores de la comuna de Caldera).

A través de ASIPEC se han desarrollado una serie de iniciativas que abordan el tema energético, como un acuerdo de producción limpia (APL) y un estudio de eficiencia energética. La producción de abalones tiene una alta demanda de energía, siendo un factor clave en sus costos considerando procesos de recirculación de agua en estanques, impulsión de agua desde bocatoma, planta procesadora, etc. Existe una baja tasa de residuos del proceso productivo, ya que las conchas y

vísceras son utilizadas con fines comerciales al igual que las algas. Solo un 2% de estas últimas son descartadas.

La empresa no está conectada a la red eléctrica, y abastece sus necesidades de energía eléctrica con un motor diesel de 500 kVa.

Ilustración 18: Producción de abalones Cultivos Marinos San Cristóbal.

4.5.1.4 Club Kitel Atacama

Kitel es un club de kitesurf y karate ubicado en la playa Las Machas, zona de Bahía Inglesa. Este centro deportivo, que concentra su funcionamiento en las temporadas de primavera y verano, autoabastece sus necesidades energéticas con un sistema híbrido solar-eólico-diesel. Sus necesidades son principalmente iluminación y bombeo de agua de un estanque enterrado bajo tierra. A continuación se muestran algunas fotos del lugar.

Ilustración 19: Club Kitel Atacama.

4.5.2 Centros de Estudio y Universidades Locales

4.5.2.1 CRIDESAT

Centro Regional de Investigación y Desarrollo Sustentable de Atacama (www.cridesat.cl)

El CRIDESAT es un centro vinculado a la Universidad de Atacama, dedicado a la investigación que cuenta con la participación de académicos de esta casa de estudios.

En la zona costera han desarrollado una serie de proyectos con la pesca artesanal y el sector acuícola donde se busca incorporar ERNC, especialmente energía fotovoltaica, para la auto-sustentación de las iniciativas considerando la falta de abastecimiento existentes en gran parte del territorio.

Específicamente en la Comuna de Caldera, en el sector de “El Morro”, están equipando una ex zona de cultivo acuícola para la operación del Centro Costero de Investigaciones Marinas.

En la Comuna de Chañaral, ubicada al norte de la Comuna de Caldera, el CRIDESAT está desarrollando un proyecto de acuaponía donde el 100% de la energía proviene de fuentes renovables no convencionales.

Este centro se vincula con las comunidades locales desarrollando una línea especial de educación la cual incluye a una serie de colegios.

Con este centro existe un alto potencial de desarrollar proyectos considerando sus actuales intervenciones en las zonas costeras y el interés por incorporar ERNC, manifestando su interés por participar en las actividades de la EEL de la Comuna de Caldera.

4.5.2.2 Universidad de Atacama

La Universidad de Atacama, es la única Universidad Pública de la Región de Atacama y tiene como misión formar profesionales en las áreas de Ingeniería, la Educación y las Tecnologías, incorporando a su quehacer académico a las Ciencias Naturales y Ciencias Jurídicas, además de contar con un Instituto tecnológico.

Las reuniones se realizaron con 2 académicos de esta institución.

El profesor Luis González, de la Carrera de Construcción Civil, considera la formación de ingenieros y técnicos en ERNC como una necesitad para la Región, por lo que han incorporado en la malla de esta carrera un ramo en esta línea. Adicionalmente se vincula con el CRIDESAT apoyando en la ingeniería de gran parte de sus proyectos.

El profesor Juan Madrigal, ha priorizado su trabajo con ERNC, desarrollando la carrera de Técnico Universitario en Energías Renovables y Eficiencia Energética, que el año 2015 abrió sus matrículas. Además ha liderado distintos proyectos con potencial para aplicar en la Comuna de Caldera, como el financiado con recursos del FIC "Laboratorio Móvil de enseñanza de las Energías Renovables y la Eficiencia Energética y prolongación de la difusión y de la aplicación de las Energías Renovables y la Eficiencia Energética en la Región de Atacama".

Ambos académicos han manifestado su interés en participar en las actividades de la EEL de la Comuna de Caldera.

4.5.2.3 CCIRA

Corporación para la Competitividad e Innovación de la Región de Atacama (www.ccira.cl)

CCIRA es una fundación de derecho privado sin fines de lucro con cuatro años de vida. Esta organización enfoca sus esfuerzos de investigación en 4 áreas principales: energía, agua, capital humano y derecho urbano. Sus principales fuentes de financiamiento a la fecha han sido Fondos Nacionales de Desarrollo Regional (FNDR) y Fondos de Innovación para la Competitividad (FIC).

CCIRA tiene como misión "Definir estrategias, coordinar, articular y gestionar programas y proyectos en materia de desarrollo sustentable e innovación en Atacama, entregando inteligencia competitiva que facilite la toma de decisiones y contribuya a la generación de una plataforma habilitadora y atractiva para la inversión", estableciendo como uno de sus ejes estratégicos la energía.

La posibilidad de contar con una EEL para la Comuna de Caldera, es una buena alternativa para que la CCIRA alinee sus estudios y proyectos en este marco de acción, por lo que han manifestado su interés en participar en las actividades relacionadas con su diseño.

4.5.2.4 Cámara Chilena de la Construcción – oficina regional de Copiapó

La CChC busca promover el desarrollo y fomento de la actividad de la construcción, como una palanca fundamental para el desarrollo del país en el contexto de una economía social de mercado basada en la iniciativa privada.

La comuna de Caldera ha experimentado un bajo crecimiento inmobiliario en los últimos años, debido a las siguientes razones: plano regulador existente; falta de infraestructura; concentración de terrenos por Bienes Nacionales; y falta de voluntad política para resolver el problema de las tomas ilegales.

En la Comuna de Caldera existe un potencial alto para el desarrollo de segundas viviendas sin embargo el establecimiento de tomas ilegales de terrenos fiscales y privados, impide una planificación apropiada del territorio y el fomento de construcciones en base a eficiencia energética y uso de ERNC. En este contexto, plantean como clave la posición de la autoridad.

El último desarrollo de segunda vivienda en la comuna de Caldera fue el año 2004, y el desarrollo de proyectos inmobiliarios de vivienda social tampoco ha mostrado un fuerte desarrollo, siendo el último proyecto finalizado en el año 2012.

Considerando las posibilidades que surgen de la EEL de la Comuna de Caldera existe interés por participar en las actividades que esta implica.

4.5.3 Actores energéticos

Se realizaron entrevistas con los principales actores del sector energético de Caldera, considerando a los proveedores de gas y electricidad. A continuación se presenta un resumen de los temas más relevantes discutidos durante las entrevistas.

4.5.3.1 EMELAT

Empresa Eléctrica Atacama S.A. (www.emelat.cl)

Esta empresa es la que provee de electricidad a la ciudad de Caldera y sus alrededores, desde Bahía Inglesa, por el sur, hasta Rodillo, por el norte, abasteciéndose del Sistema Interconectado Central (SIC).

Sus consumidores son la población de estas localidades, el municipio y casi la totalidad de las empresas e industrias, salvo un grupo ligada a la actividad portuaria de la gran minería que actúan como clientes libres.

Según las líneas estratégicas de la empresa, la EEL es un proyecto clave que contribuirá al desarrollo energético de la región por lo que existe una buena disposición a colaborar y participar en el proceso de diseño de esta. Hasta el momento la colaboración ha sido positiva, y han contribuido a la EEL mediante la entrega de información relacionada a los consumos de electricidad de la comuna para el periodo 2011-2014.

4.5.3.2 Abastible

Es el proveedor de la Comuna de Caldera con una menor participación de mercado. Su central opera en la ciudad de Copiapó, la cual distribuye directamente las ventas a granel, mientras que existe un subdistribuidor en Caldera para la venta en detalle. Abastible cuenta dentro de su departamento de Innovación con un área denominada “Energía Solar y Eficiencia Energética”, la cual está ubicada en Santiago, pero funciona en colaboración con las distintas unidades regionales de la empresa. En cuanto a energía solar, sus esfuerzos han estado enfocados en incorporar sistemas solares térmicos para agua caliente sanitaria en proyectos inmobiliarios. Esta tecnología es un interesante complemento para el gas usado a nivel domiciliario, por lo que hoy cuentan con más de 30 proyectos en desarrollo. A la fecha no han tenido incursiones solares en la comuna de Caldera, por lo que hay un importante interés de convertirse un actor más activo en la comuna.

Existe gran interés en desarrollar nuevas líneas de negocio bajo el concepto de “Energía Limpia” por lo que la EEL de Caldera resulta una buena oportunidad para poner en acción y ampliar ciertas iniciativas como la conversión de embarcaciones menores a nautigas (en base a gas licuado).

4.5.3.3 Gasco

Es el segundo proveedor de la Comuna de Caldera. Su central opera en la ciudad de Copiapó, la cual distribuye directamente las ventas a granel, mientras que existe un subdistribuidor en Caldera para la venta en detalle.

Cuenta con una línea de Gasco-Solar, la cual se acerca a las ERNC, pero actualmente no cuenta con proyectos en Atacama pero si representa una potencial línea de colaboración con la EEL.

4.5.3.4 Lipigas

Es la empresa con mayor participación en las ventas de gas de la Comuna de Caldera. Su central opera en la ciudad de Copiapó, la cual distribuye directamente las ventas a granel, mientras que existe un subdistribuidor en Caldera para la venta en detalle.

Lipigas no cuenta con programas de eficiencia energética a nivel regional ni comercial. Las directrices son manejadas a nivel central. A diferencia de Abastible, su posición en el mercado lo hace un actor menos entusiasta en desarrollar nuevas oportunidades de negocio.

4.6 Proyecciones

A continuación, se detallan las proyecciones de consumo eléctrico que se realizaron para cada uno de los sectores analizados de la comuna.

4.6.1 Sector Residencial

La comuna de Caldera ha experimentado una baja tasa de crecimiento del parque de viviendas en los últimos años. Entre el 2002 y 2009, el parque creció a una tasa anual de 1,1%. Según la Cámara Chilena de la Construcción, esto se debe a las siguientes razones: plano regulador existente; falta de infraestructura; paños en manos de Bienes Nacionales; y falta de voluntad política para generar un mayor dinamismo inmobiliario.

Por otra parte, el consumo eléctrico por vivienda, que actualmente se encuentra en 2.64 MWh/año en la comuna de Caldera, se incrementará sostenidamente, debido a una mayor tenencia de artefactos consumidores de energía en los hogares. Dentro de estos se tienen a equipos intensivos en el uso de electricidad, como artefactos de aire acondicionado y refrigeradores adicionales.

Para proyectar el consumo eléctrico del sector Residencial de Caldera al año 2030, se toma el crecimiento expuesto anteriormente para el parque de viviendas y además, se tomará el crecimiento de la demanda eléctrica por vivienda para la zona Norte del país, expuesta en el proyecto MAPS-Chile. Este crecimiento considera el aumento en la tenencia y en el uso de artefactos a medida que se incrementa el ingreso per cápita.

A continuación en la tabla 12, se presentan las tasas de crecimiento utilizadas para proyectar el consumo de electricidad futuro de las viviendas de la comuna de Caldera, de acuerdo al estudio Mitigation Action Plans and Scenarios (MAPS Chile).

Tabla 12. Tasa de crecimiento consumo energético viviendas zona Norte. Fuente: MAPS Chile

Año	Tasa	Año	Tasa
2015	2,45%	**2023**	2,50%
2016	2,53%	**2024**	1,97%
2017	2,65%	**2025**	1,43%
2018	2,74%	**2026**	0,95%
2019	2,92%	**2027**	0,59%
2020	3,05%	**2028**	0,30%
2021	3,04%	**2029**	0,09%
2022	2,91%	**2030**	-0,05%

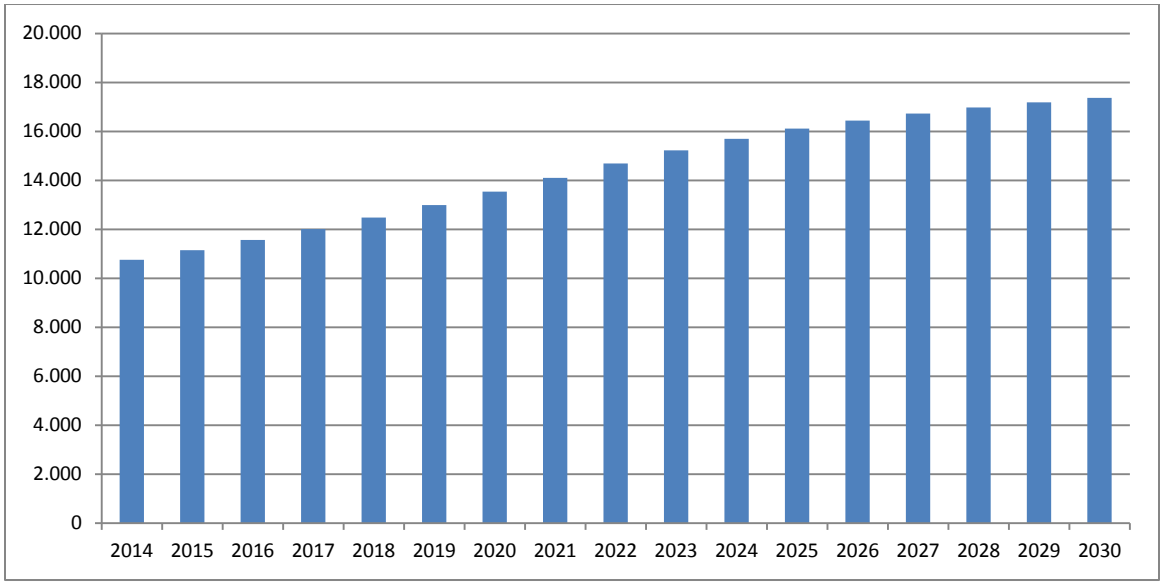

Ilustración 20: Proyección del consumo eléctrico Residencial de la comuna de Caldera (MWh).

4.6.2 Sector Comercial y Público

El consumo eléctrico de los sectores Comercial y Público de la comuna de Caldera, se proyectó de acuerdo a la metodología empleada en el estudio del sector Comercial, Público y Residencial, en el marco de la iniciativa MAPS-Chile. En aquel estudio, se empleó como “proxy” del crecimiento

energético de tales sectores económicos, el ingreso del país. Esta relación, sobre todo para sectores íntimamente cercanos al desarrollo económico, tiene un gran uso en diversos estudios a nivel mundial.

Dado lo anterior, el crecimiento del consumo eléctrico se realizó en base a lo proyectado en el estudio anteriormente mencionado, aplicando los porcentajes de crecimiento al consumo eléctrico base conocido para estos sectores en Caldera. Adicionalmente, y como complemento, se utilizó la tasa de crecimiento de consumo energético histórica del sector en Caldera, para proyectar los consumos futuros en los casos en que la realidad de la economía local no presenta una correlación directa con la situación a nivel nacional.

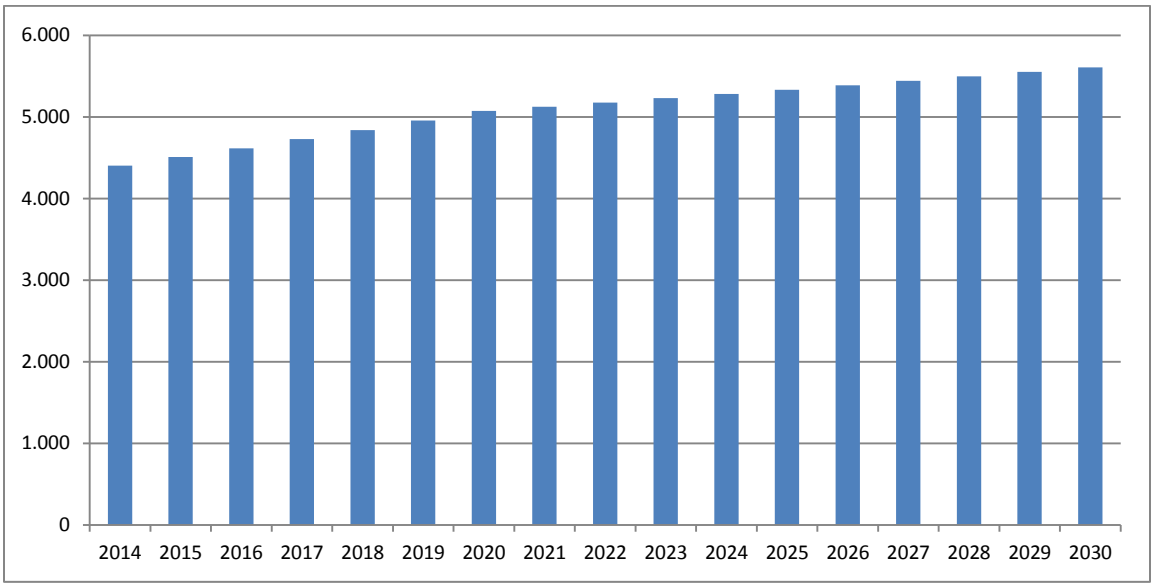

Ilustración 21: Proyección del consumo eléctrico Comercial de la comuna de Caldera (MWh).

El consumo eléctrico del sector Comercial de la comuna de Caldera, presentará un crecimiento similar a su tasa histórica para el periodo 2014-2020, para luego reducir su crecimiento a una tasa del 1% hasta el año 2030. Para el periodo 2014-2020, proyectamos que el consumo de electricidad del sector Comercial de Caldera crecerá a una tasa del 2,4% anual. Se utilizó la tasa de crecimiento anual compuesto experimentada para este mismo sector en el periodo 2011-2014. El crecimiento del consumo está dado principalmente por el sector servicios asociado al turismo, sector por el cual la Municipalidad de Caldera apuesta fuertemente en los próximos años. Existe una visión estratégica de que este sector debe ser potenciado y apoyado, convirtiéndolo en un pilar de la Estrategia Energética Local.

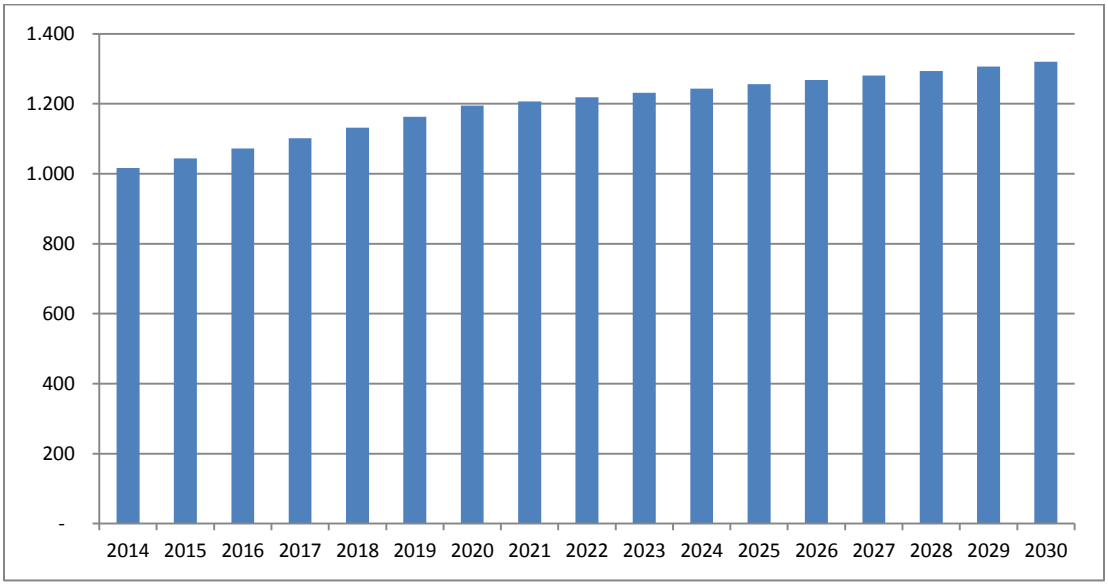

Ilustración 22: Proyección del consumo eléctrico Fiscal y Municipal de la comuna de Caldera (MWh).

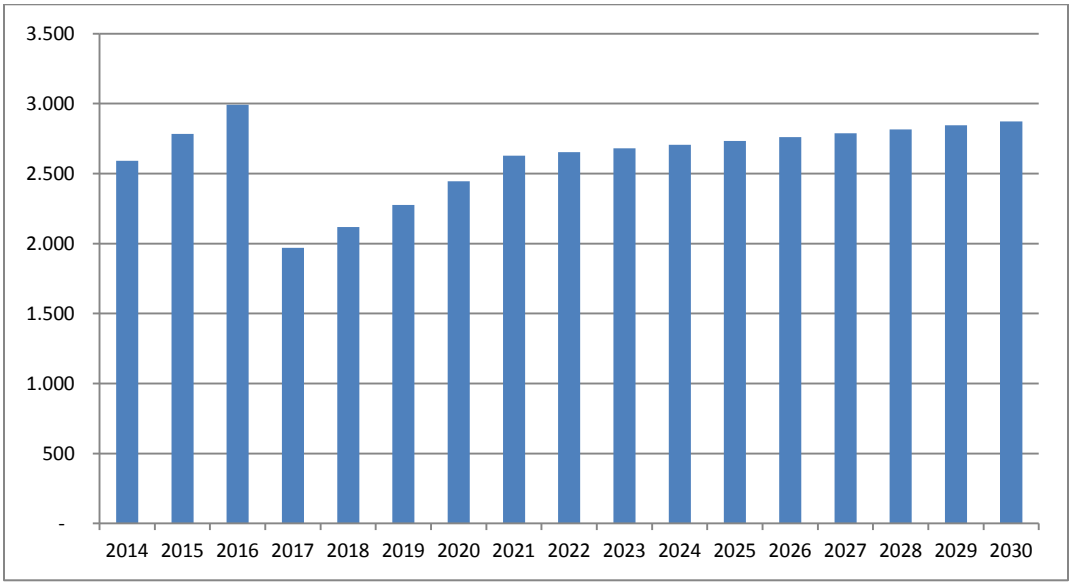

Ilustración 23: Proyección del consumo eléctrico Alumbrado Público de la comuna de Caldera (MWh).

El consumo eléctrico por concepto de Alumbrado Público experimentará una baja en el año 2017, producto del plan de recambio de luminarias públicas del Ministerio de Energía. Este plan implica el recambio de 3.000 puntos de luminaria por tecnología LED, lo cual se traducirá en un 40% de ahorro del consumo actual. Se proyecta que para el periodo 2017-2021 el consumo crecerá a la tasa histórica de 7% a la que creció el consumo entre el 2013 y 2014. Para el periodo 2021-2030 se espera una ralentización del crecimiento del consumo por concepto de alumbrado público, creciendo a una tasa del 1% anual.

En cuanto al consumo del sector Fiscal y Municipal, proyectamos un crecimiento para el periodo 2014-2020 a la tasa histórica de 2,74% anual (crecimiento anual compuesto para el periodo 2011-2014), para luego crecer a una moderada tasa de 1% anual para el periodo 2021-2030.

4.6.3 Sector Industrial

La proyección del consumo de electricidad del sector Industrial por lo general se ve influenciado por la entrada en operación de nuevos proyectos industriales o de infraestructura. En el caso específico de Caldera, la revisión de antecedentes en el Servicio de Evaluación Ambiental indica la potencial construcción de dos plantas desalinizadoras en la comuna.

El proyecto Planta de Agua Potable Atacama tiene como objetivo producir agua potable y como producto intermedio agua industrial mediante el proceso de desalinización de agua de mar, para el abastecimiento de agua de consumo humano a las localidades de Caldera, Bahía Inglesa, Calderilla, Copiapó, Paipote, Tierra Amarilla y Chañaral, y otros potenciales clientes futuros; además de satisfacer las necesidades de agua industrial de otros mercados de la zona. El proyecto se plantea para la producción de 1.000 litros por segundo entre agua potable y agua industrial, y estará emplazada en el borde costero, al norte de la ciudad de Caldera[20].

Adicionalmente, la empresa Seven Seas Water Chile SpA, presentó la declaración de impacto ambiental para la Planta Desaladora Bahía Caldera, la cual estará ubicada en terrenos de Pesquera Bahía Caldera y tendrá una capacidad de 20.000 m^3/día.

De acuerdo a información proporcionada por la Comisión Chilena del Cobre (COCHILCO), se requieren aproximadamente 4kWh de electricidad para la desalinización de 1 m^3 de agua en plantas de esta tecnología. Dado esto podemos afirmar lo siguiente:

- Asumiendo que operará 20 horas al día y 360 días al año, el proyecto Planta de Agua Potable Atacama requerirá para su operación consumir 103.680 MWh anualmente.
- Haciendo los mismos supuestos de tiempo de operación, la Planta Desaladora Bahía Caldera requerirá para su operación consumir 28.800 MWh de electricidad al año.

[20] Servicio de Evaluación Ambiental (2015)

- A modo de ejemplo, se puede decir que para abastecer estas nuevas necesidades energéticas de la comuna se requeriría de una planta de generación a diesel de aproximadamente 19 MW de potencia.

4.7 Descripción del sistema energético de la comuna de Caldera

4.7.1 Generación

En la comuna de Caldera no existen plantas de generación de energía conectadas a la red eléctrica. Sin embargo, a principios del año 2013, Bienes Nacionales entregó en concesión terrenos en la comuna para el potencial desarrollo de plantas de generación termoeléctricas. La subasta consistió en la entrega de una concesión por 50 años para que el adjudicatario pueda estudiar, construir y operar una generadora a gas o carbón.

El equipo consultor no ha podido obtener información oficial respecto al status real de estos proyectos, pero de acuerdo a fuentes públicas (principalmente prensa escrita) se puede afirmar lo siguiente:

"Bienes Nacionales está subastando tres terrenos en la comuna de Caldera, de los cuales dos están emplazados directamente en la localidad de Totoralillo. El terreno más amplio se ubica en la zona de Caleta Obispo, el cual tiene una extensión de 1.156 hectáreas".[21]

Las empresas a las que les fueron entregados los terrenos en concesión son Endesa (Totoralillo Sur - Caldera), y PPP, conformada por socios de South Andes Capital (Totoralillo Norte - Caldera). Estas empresas aún no se han pronunciado respecto al tipo de proyecto que desarrollarán ni los próximos pasos a seguir. Estas plantas de generación suponen en el marco de las licitaciones de terrenos fiscales por parte de Bienes Nacionales de un mínimo de 350 MW de potencia cada una, lo que sumaría alrededor de 1.050 MW al sistema.

En conversaciones sostenidas con la ONG Atacama Limpia, la cual es activa en temas medioambientales y energéticos en la región, se nos indicó que la comunidad completa de Caldera, exceptuando a los estibadores (sector portuario) está absolutamente en contra de la construcción de termoeléctricas en la comuna. La comunidad ha realizado movilizaciones con amplia convocatoria, tanto a nivel comunal y gobierno regional, además de formalizar su oposición en tribunales. Adicionalmente, la organización sin fines de lucro indicó que alrededor de un 70% de la comunidad de Caldera vive de actividades vinculadas al mar, por lo que la instalación de plantas termoeléctricas (y los impactos asociados a la vida marina que estas tienen) sería sumamente perjudicial para la comunidad local.

[21] Revista Electricidad (2014)

4.7.2 Transmisión

Existen dos líneas de transmisión de energía en la comuna de Caldera. Una es propiedad de la empresa Transnet, parte del grupo CGE y la otra es propiedad de la empresa minera CAP. A continuación se presenta el detalle de estas.

La línea de transmisión de Transnet que se encuentra presente en la comuna de Caldera corresponde a la LT 110 kV Hernán Fuentes – Caldera, parcializada en los tramos Hernán Fuentes – Tap Impulsión y Tap Impulsión – Caldera. Su capacidad máxima de transporte es 53 MVA.

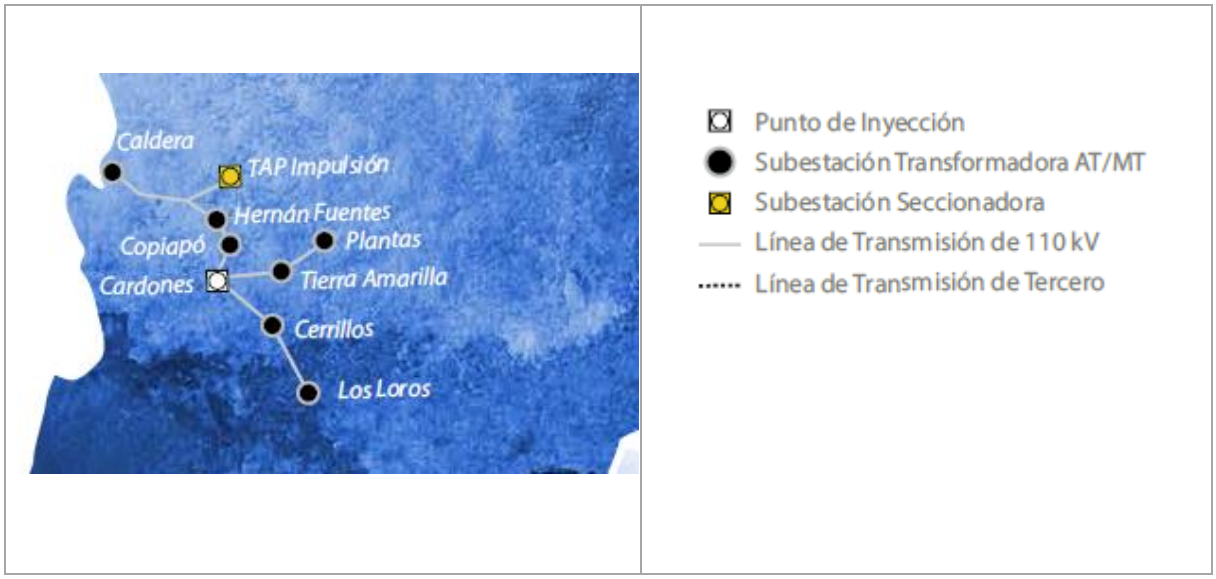

Ilustración 24: Infraestructura de Transmisión de Transnet en la región de Atacama.

La línea de transmisión eléctrica "Suministro Mina Cerro Negro Norte y Planta Desalinizadora Punta Totoralillo" está ubicada en las comunas de Caldera y Copiapó. Se trata de una línea de aproximadamente 140 kms de longitud, dividida en dos tramos; el primer tramo entre Cardones y el proyecto minero de CAP Cerro Negro Norte, de 63 kms de largo, y el segundo tramo entre Cerro Negro Norte y Totoralillo, con un largo de 77 kms. Ambos tramos tienen la capacidad de transmitir 2x220 kV en su recorrido. Actualmente, esta línea cuenta con una capacidad de transmisión disponible de 50 MVA.

Tensión nominal de trabajo	220 kV
Frecuencia nominal de transmisión	50 Hz
Cap. de transmisión máxima total (Flint AAAC a 30°C temp. ambiente y 80°C temp. conductor para alt. máx. de operación de 1.000 m.s.n.m.)	250 MVA (*)
Neutro del sistema	Conectado sólidamente a tier
Longitud	140 km
Distancia promedio entre estructuras	365,5 m
Número de circuitos	2
Número de fases	3
Número de conductores por fase	1
Número de estructuras	384

Ilustración 25: Infraestructura de Transmisión de CAP en la región de Atacama.

5 Potencial de ERNC y Eficiencia Energética

En este capítulo se entregan luces de cuál es el potencial de abastecimiento de energía mediante fuentes de ERNC y el de aplicación de distintas medidas de Eficiencia Energética en la comuna de Caldera.

5.1 Potencial ERNC

A continuación, se muestra la evaluación del potencial bruto y técnicamente factible, para la producción de energía en la comuna de Caldera. Esto se realizó para cinco fuentes de energía: hídrica, geotérmica, eólica, biomasa y solar fotovoltaica (gran escala y roof top (techos)).

Cabe indicar que los potenciales calculados y mostrados en las siguientes secciones, corresponden a una primera aproximación y de todas maneras es necesario medir los recursos in-situ y durante un período de tiempo extenso.

5.1.1 Estimación del Potencial

La estimación del potencial de ERNC está basada en un procedimiento utilizado por el ministerio de energía del gobierno suizo. En el siguiente trabajo, se utilizan los siguientes términos de potencial:

- Potencial teórico: Es la cuantificación de toda la oferta de la fuente teóricamente disponible en Caldera, sin considerar restricciones de ningún tipo.
- Potencial ecológico y técnico: Se toman en cuenta las restricciones ecológicas, técnicas, legales y sociales, que son descontadas del potencial teórico anteriormente estimado.
- Potencial disponible: Este es el potencial que es conveniente considerar para determinar cuánta electricidad y energía térmica se puede generar en Caldera a base del potencial de la fuente energética.

Ilustración 26: Términos de potencial.

5.2 POTENCIAL TEÓRICO

5.2.1 Hídrica

Según información recopilada, los potenciales puntos geográficos para la instalación de energía hidroeléctrica se encuentran entre los ríos Aconcagua (Región de Valparaíso) y el río Puelo (Región de Los Lagos)[22]. Tomando en cuenta que Caldera está ubicada al norte de la zona descrita, se podría estimar a priori que la comuna no tiene el potencial hídrico necesario para el desarrollo de la energía hidroeléctrica. A su vez, los registros vigentes de derecho de aprovechamiento de aguas no consuntivos constituidos (DAANC) de la Dirección General de Aguas (DGA), muestran que tanto el número de DAANC vigentes [23] como también el caudal medio constituido aprovechando [24] en Caldera son igual a cero (ver figuras 27 y 28).

[22] (Ministerio de Energía/GIZ, 2014) Energías Renovables en Chile;
Módulo Cartográfico SIG http://sig.minenergia.cl/sig-minen/moduloCartografico/composer/

[23] El derecho no consuntivo, permite emplear el agua sin consumirla y obliga a restituirla en la misma calidad, cantidad y oportunidad (Ej: generación eléctrica, pisciculturas, etc.)

[24] El caudal constituido representa la cantidad de agua a extraer, expresada en medidas métricas de volumen y de tiempo m3/s.

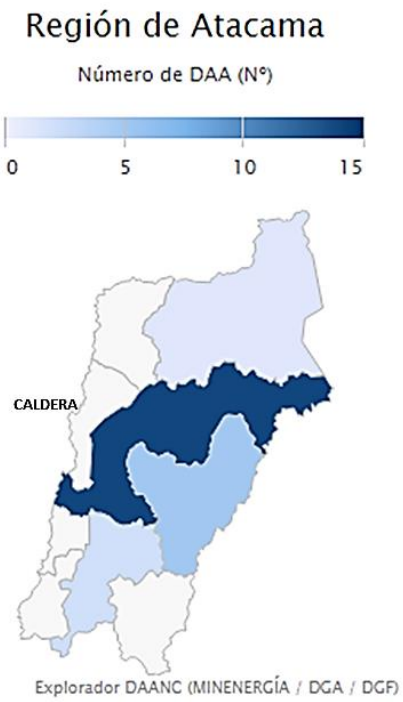

Ilustración 27. Número de DAANC en la Comuna de Caldera

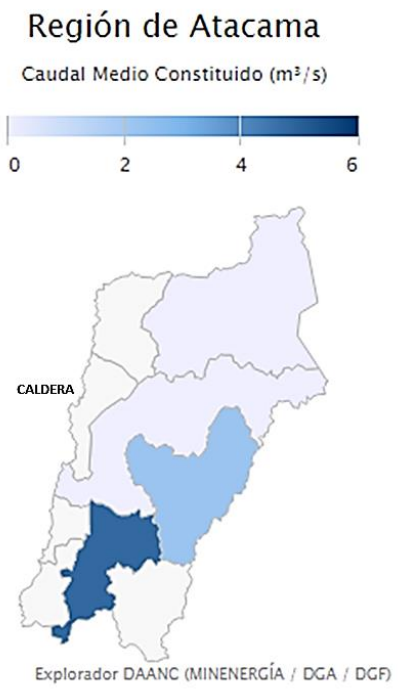

Ilustración 28. Caudal Medio Constituido en la Comuna de Caldera

Esta información evidenciaría que el agua es un recurso escaso en esta zona del país, y que por un lado es protegida por la DGA, como es el caso para el río Copiapó (zona de restricción de acuífero); o simplemente no cuenta con el potencial teórico necesario para la generación de energía hidroeléctrica. De esta manera se puede inferir que la comuna no posee redes hidrológicas óptimas para la generación de energía, y por el momento no es recomendable considerarlo como una opción dentro de la estrategia energética de la comuna. De todas formas, cabe señalar que se debe medir directamente el recurso, para descartar completamente esta fuente energética.

5.2.2 Geotermia

El potencial geotérmico nacional se estima en torno a 3.500 MW, según datos del Servicio Nacional de Geología y Minería (SERNAGEOMIN). A pesar del gran potencial geotérmico en Chile, a la fecha hay poco desarrollo para estas fuentes energéticas, ya que no existen instalaciones geotérmicas generando energía eléctrica, y solo se registran ocho (8) concesiones geotérmicas para la explotación [25] del recurso en todo el país. Del total de estas, tres se encuentran en el norte

[25] La concesión de explotación consiste en el conjunto de actividades de perforación, construcción, puesta en marcha y operación de un sistema de extracción, producción y transformación de fluidos geotérmicos en energía térmica o eléctrica.

de Chile, todas en la región de Antofagasta. En la región de Atacama no existe ninguna concesión de explotación.

La III Región cuenta con cinco (5) concesiones de exploración [26] vigentes para el recurso geotérmico principalmente en la comuna de Diego de Almagro, Tierra Amarilla y Alto del Carmen (Tabla 13). A pesar de esto, no existen registros de concesiones de exploración, ni de explotación para la comuna de Caldera, de esta manera aún no se puede estimar el potencial teórico, y por lo tanto, no se considerará la geotermia como fuente energética potencial para la estrategia energética de Caldera.

Tabla 13. Concesiones de exploración en Región de Atacama

NOMBRE CONCESION	NOMBRE TITULAR	HECTAREAS	REGION	PROVINCIA	COMUNA
Bayo	Minera Escondida Limitada	89.900	Atacama	Chañaral	Diego de Almagro
Juncalito 1	Energía Andina S.A	75.600	Atacama	Chañaral	Diego de Almagro
Juncalito 2	Energía Andina S.A	51.000	Atacama	Chañaral	Diego de Almagro

Fuente: MINISTERIO DE ENERGÍA (2015)

En cuanto al recurso geotérmico de baja entalpia, este sí podría presentar una opción para comunas más alejadas de los principales puntos geotérmicos óptimos del país, como es el caso de Caldera. El funcionamiento de las tecnologías de baja entalpía es a través de la transferencia de calor desde el subsuelo, a baja y mediana profundidad, hacia tubos colectores verticales u horizontales cuyos fluidos internos transportan la energía térmica. Estas fuentes energéticas pueden ser aprovechadas para aplicaciones directas a través de bombas de calor en viviendas o edificios para usos como calefacción/enfriamiento de espacios, calentamiento de agua y procesos industriales.

Según el estudio de *PROGEA 2014*[27] la disponibilidad de los recursos geotérmicos de baja entalpia para ciudades entre Rancagua y Coyhaique está entre 10.367 y 28.183 kWh/Vivienda/Año. Es por este motivo que, aun cuando no existan registros de fuentes óptimas de recursos energéticos geotérmicos de alta entalpía en la zona de Caldera, se debe buscar obtener mediciones directas para geotermia de baja entalpia antes de descartar completamente esta fuente energética en la comuna.

[26] La concesión de exploración confiere el derecho a realizar los estudios, mediciones y demás investigaciones destinadas a determinar la existencia de fuentes de recursos geotérmicos, sus características físicas y químicas, su extensión geográfica y sus aptitudes y condiciones para su aprovechamiento.

[27] PROGEA, 2014. Alternativas tecnológicas para calefacción residencial con energías renovables no convencionales aplicables a la realidad chilena.

5.2.3 Eólica

Para estimar el potencial de generación eléctrica mediante energía eólica, es necesario tener una estimación del recurso en la Comuna de Caldera, que incluye los sectores costeros urbanos y las zonas aledañas hacia el interior. A primera vista, la comuna cumple con las condiciones geográficas necesarias para la instalación de aerogeneradores, la cual corresponde a cercanía al mar y la extensión del terreno, debido a que es una zona costera.

Por otra parte, la condición de mayor relevancia para la instalación de aerogeneradores es la velocidad del viento. Esta debiera ser mayor a 6 m/s para generación a gran escala y sobre 4 m/s a pequeña escala para que sea factible la generación de electricidad mediante esta fuente. En la comuna de Caldera, en los sectores urbanos costeros y en los sectores aledaños a la costa, se tiene una velocidad del viento medio de entre 2,09 y 4,17 m/s a una altura de 95 metros, tal como se aprecia en la siguiente Ilustración 29, y 2,5 - 3 m/s a alturas entre 5 y 15 metros, lo cual es insuficiente para la instalación de torres eólicas.

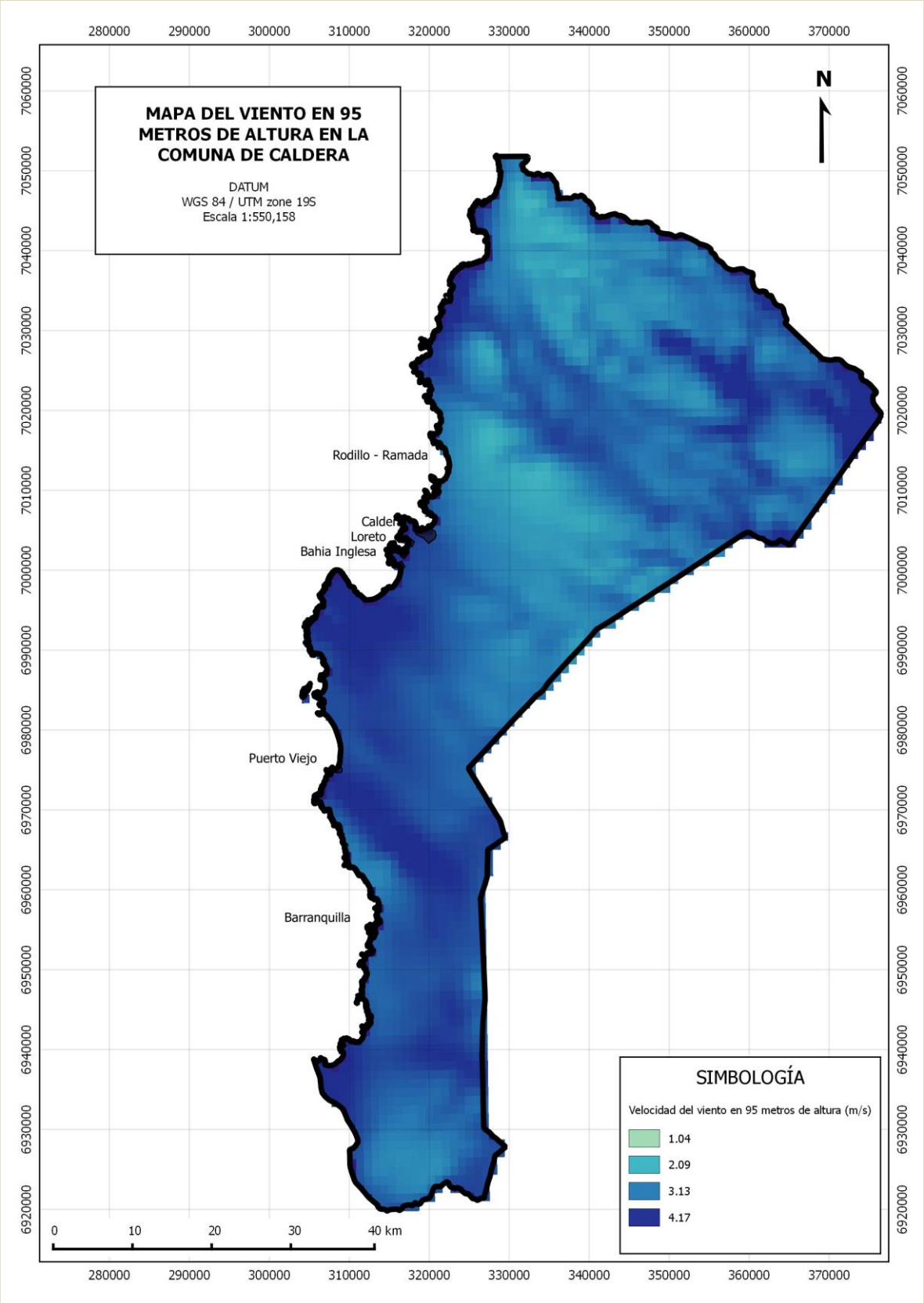

Ilustración 29: Velocidad del viento en altura de 95 metros – Comuna Caldera. Fuente: Elaboración propia en base a Ministerio de Energía

La proyección de velocidad de vientos en Caldera en la figura anterior muestra que la fuente eólica en la zona es insuficiente para la generación eléctrica. Es por lo anterior, que no es recomendable la instalación de aerogeneradores para la producción de electricidad ni dentro de las zonas urbanas ni en las zonas aledañas, al además tampoco existir sectores puntuales de buen potencial. De todas maneras, cabe señalar que se debe medir directamente el recurso eólico, para descartar completamente esta fuente energética.

5.2.4 Biomasa

5.2.4.1 Definiciones

Existen diferentes tipos de biomasa que se pueden utilizar para la generación de energía. La Ilustración 30 muestra la clasificación de la materia orgánica en biomasa húmeda y biomasa seca.

Biomasa húmeda:

- Residuos urbanos: Materia orgánica de los residuos domésticos y las aguas residuales urbanas.
- Residuos orgánicos y biosólidos en la industria: Residuos de los procesos de las industrias, sobre todo agroalimentarias.
- Residuos agrícolas: Residuos ganaderos principalmente purines, residuos de las cosechas de la producción agrícola, cultivos energéticos (maíz, colza, girasol).

Biomasa seca:

- Residuos forestales: Residuos del manejo forestal y de las operaciones de cosecha.
- Residuos industriales: Residuos de la transformación de la madera generados del procesamiento industrial.
- Residuos de madera usados: Madera de la demolición de edificios, frecuentemente tratada.

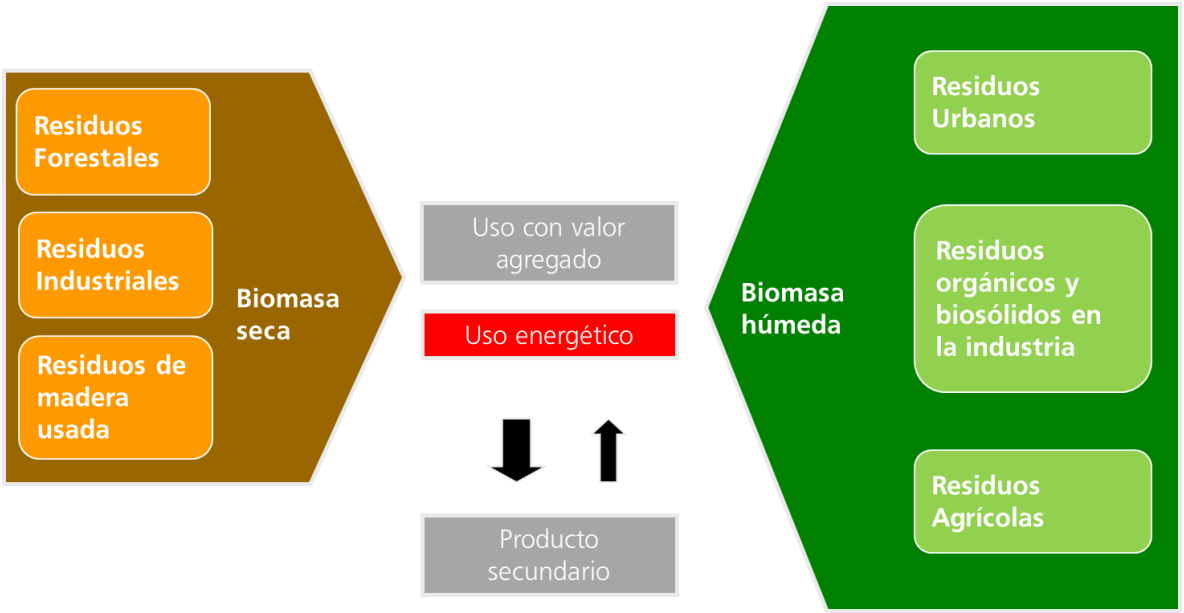

Ilustración 30: Biomasa y fracciones de biomasa. Fuente: EBP (2014).

La estimación del potencial de biomasa en Caldera, se concentra solamente en la biomasa húmeda con un enfoque a los residuos urbanos. La principal razón para descartar el analizar el potencial de generación de energía con biomasa seca en Caldera, radica en la inexistencia de una industria forestal en esta comuna. La industria forestal y de procesamiento de madera genera como subproducto desechos derivados de la madera que pueden ser utilizados para generación de energía. En el caso de Caldera, no existen operaciones forestales que permitan tener acceso a residuos con potencial energético.

5.2.4.2 Beneficios del uso energético de biomasa

El uso energético de la biomasa presenta beneficios ambientales, sociales y económicos. Se enumeran a continuación algunos de ellos, los cuales juegan un papel importante en Chile:

- Reducción de costos para los Municipios, disminuyendo la cantidad de desechos orgánicos a disponer: De la basura diaria que un hogar genera, el 40% [28] es materia orgánica, es decir, restos de comida, etc. Con un reciclaje por separado de la materia orgánica en los Municipios se puede disminuir el alto costo de la eliminación de los residuos sólidos.

[28] Al revisar la literatura existente, se observaron estudios de países como Estados Unidos y México en donde se analiza el tema de los residuos domiciliarios, y se desglosa la composición de estos. El porcentaje de residuos orgánicos en el total de los desechos domiciliarios se mueve entre 30% y 50%.
Aguilar, Baca, Cruz, Carrera (2011): La familia, factor clave para la reducción de desechos orgánicos
New York City Department of Sanitation (2015): Organics Collection and Drop-Off for Residents

- Reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero: El uso energético de la biomasa es CO_2 neutral. Si se sustituyeran las tecnologías existentes intensivas en CO_2, opcionalmente se podrían vender certificados de emisiones reducidas.
- Recuperación valiosa de nutrientes para las plantas: Se puede utilizar la biomasa después de la fermentación también como fertilizante (alto en N, P y K), que sirve para el mejoramiento del suelo (humus de reemplazo). Por lo que los fertilizantes convencionales se pueden economizar.
- Sistema de suministro de energía independiente y descentralizada: Aumento de la seguridad del suministro de energía y una menor dependencia de los combustibles fósiles mediante la sustitución de las centrales de carbón, petróleo o calentadores a gas.
- Fortalecimiento del valor agregado regional y creación de empleo: Con el uso energético de la biomasa, el valor agregado generado en una región se queda en la región. Se crea un mercado adicional de las materias primas para la agricultura y la silvicultura. Esto crea nuevos puestos de trabajo y fortalece especialmente el sector informal.
- Uso múltiple de la biomasa: Comparando con otras fuentes de ERNC, la biomasa es la única que se puede usar para la producción de electricidad, energía térmica y combustible (véase la siguiente Ilustración).

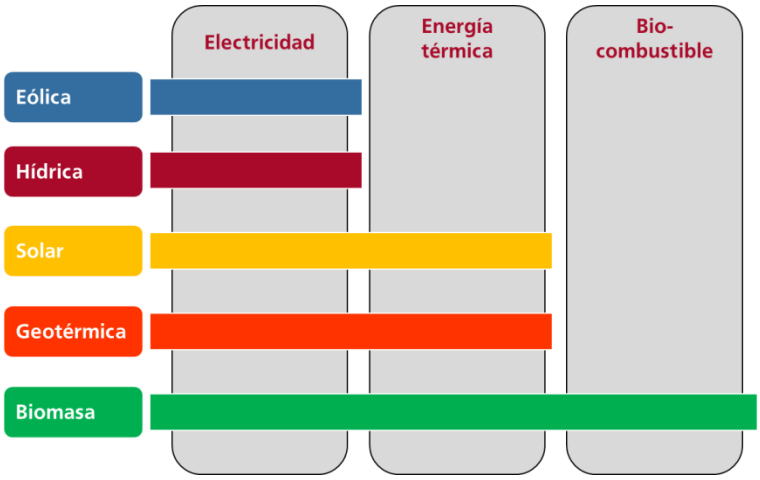

Ilustración 31: Uso energético de biomasa. Fuente: EBP (2014)

5.2.4.3 Potencial de residuos urbanos:

Para el cálculo del potencial de producción de energía eléctrica y térmica a partir del biogás a partir de residuos, se ha considerado como promedio una producción de 0,8 kg de residuos/día por habitante en Chile, con un 35% de materia orgánica y una población aproximada de 15.000 habitantes para la comuna de Caldera. Para Caldera se traduce en un potencial aproximado de

1.533 toneladas de materia orgánica y 138 toneladas de materia seca que se puede utilizar para la producción de energía.

Tabla 14. Materia orgánica en la basura, sector residencial. Fuente: Ministerio de Medio Ambiente.

Materia orgánica en la basura: Sector residencial	
Número de habitantes Comuna de Caldera	15.000
Generación de basura [kg/habitante/día]	0,8
Proporción materia orgánica	0,35
Materia orgánica [t de biomasa húmeda]	1.533
Materia orgánica [t de biomasa seca]	460
Uso para la producción energética	0,3
Uso para la producción energética [t biomasa seca]	138

Tabla 15. Producción energética de la materia orgánica, sector residencial. Fuente: Ministerio de Medio Ambiente.

Producción energética de la materia orgánica: Sector residencial		
Tonelada biomasa seca	138	
Producción de biogás materia orgánica [m3 / t biomasa seca]	525	
Energía biogás [kWh/m3]	6	
Total producción biogás [m3]		72.450
Total biogás [kWh]		434.700
Rendimiento electricidad	36%	
Rendimiento Energía térmica	45%	
Subtotal electricidad [MWh]		156
Subtotal Energía térmica [MWh]		196

Considerando una producción total de biogás de 434.700 kWh y un factor de 36% para la energía eléctrica se puede producir un total de 156 MWh al año, lo que permitiría abastecer las necesidades de aproximadamente 59 viviendas de la comuna.

Adicionalmente, vale la pena destacar lo que aparece respecto a producción de biogás en la RCA del relleno sanitario de Caldera. El documento de Resolución de Calificación Ambiental del Proyecto Relleno Sanitario Comuna de Caldera, en el capítulo Etapas de Operación, sección Manejo y Control de biogás, destaca lo siguiente:

“A partir del segundo año se monitorearán semanalmente durante la operación, las características del biogás en los drenajes. Para tal efecto se contará con un metanómetro, equipo para medición

en terreno, que mide directamente la concentración de metano en tres escalas, el límite de explosividad mínimo y tiene, además, incorporado sensores para la medición de oxígeno y monóxido de carbono. De acuerdo a los resultados de las mediciones se deberá evaluar la necesidad de captar dicho gas y proceder a su quema centralizada o implementar algún proyecto para su aprovechamiento".

Se recomienda que el Municipio, encargado de la operación del relleno sanitario de Caldera, mantenga un registro de estas mediciones, con el fin de evaluar el potencial aprovechamiento de la producción de biogás con fines de generación de energía.

En mayo de 2014 se realizó el informe "Monitoreo Biogas Relleno Sanitario Municipal de Caldera", encargado por la empresa CRECER, adjudicataria de la licitación pública del mejoramiento operacional del relleno sanitario de Caldera. El informe indica que "el análisis de los resultados de esta campaña de monitoreo, permite concluir que en la totalidad de los puntos medidos en el relleno sanitario, se detecta presencia de emisiones de gases en concentraciones de CH4 bajísimas que van entre los 100 y 2000 ppm." Adicionalmente, en la sección de las conclusiones se afirma lo siguiente: "las mediciones instrumentales realizadas en los tres sectores específicos, vale decir, en las zanjas antiguas, las zanjas nuevas y la zona de quebradas, nos permite asegurar que debido al bajo contenido de humedad existente, sólo se produce una descomposición parcial de los residuos sólidos depositados"

Dados los resultados obtenidos de las mediciones realizadas, no es recomendable expandir en el análisis del potencial de generación de energía en el relleno sanitario de Caldera. En el caso que mediciones futuras indicaran niveles más altos de CH4, sería recomendable analizar esta opción.

5.2.5 Solar

Es sabido que en el Norte Grande de Chile, existe uno de los mayores potenciales de energía solar en el mundo, superando con creces los índices de ciudades en los que la penetración de este tipo de tecnologías es mucho mayor.

En la comuna de Caldera, por medio de un modelo de estimación desarrollado por la Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas de la Universidad de Chile por encargo del Ministerio de Energía, se obtuvieron mediciones para la Comuna de Caldera, a una elevación de 688 metros.

La radiación anual equivalente promedio de toda la comuna es de alrededor de unos 1.705 kWh/m^2 por año, tal como se aprecia en la siguiente figura. Si se compara con otras ciudades en donde la penetración de energía solar ya es una realidad, tal como Freiburgo (Alemania), se llega a la conclusión que este valor es muy alto, incluso con un valor cercano a de ciudades como Calama que presentan una condición más propicia para la instalación de esta tecnología. Por otra parte, si se toman puntos específicos de la comuna, como las zonas más alejadas de la costa se alcanza una radiación máxima anual de hasta 2.620 kWh/m^2 por año.

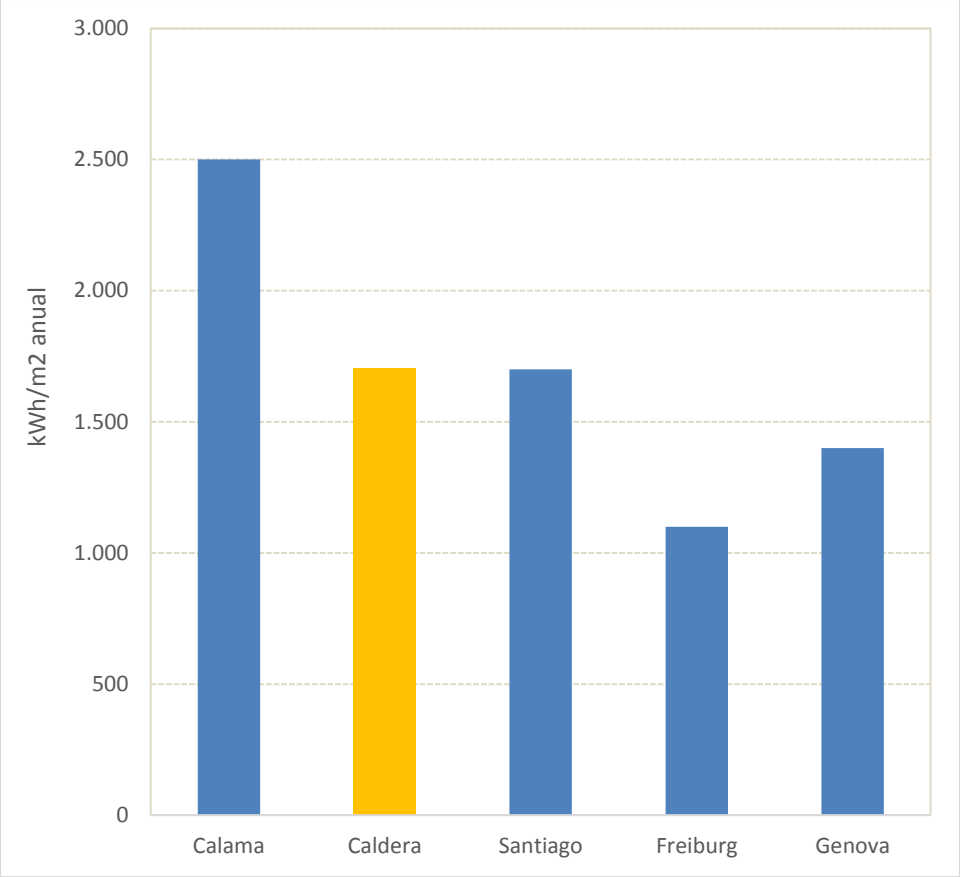

Ilustración 32: Comparativa de la radiación global horizontal para distintas ciudades. Fuente: Elaboración propia

En la próxima figura se puede apreciar la diferencia entre la radiación estimada en las zonas costeras (aproximadamente entre 4,5 y 5,5 kWh/m2/dia) versus aquellas áreas que se encuentran más al interior ubicadas al noreste (entre 6,5 y 7,0 kWh/m2/dia). De esta manera se podría inferir que las zonas hacia el interior de la comuna tienen mejores condiciones de radiación solar para energía que en la costa.

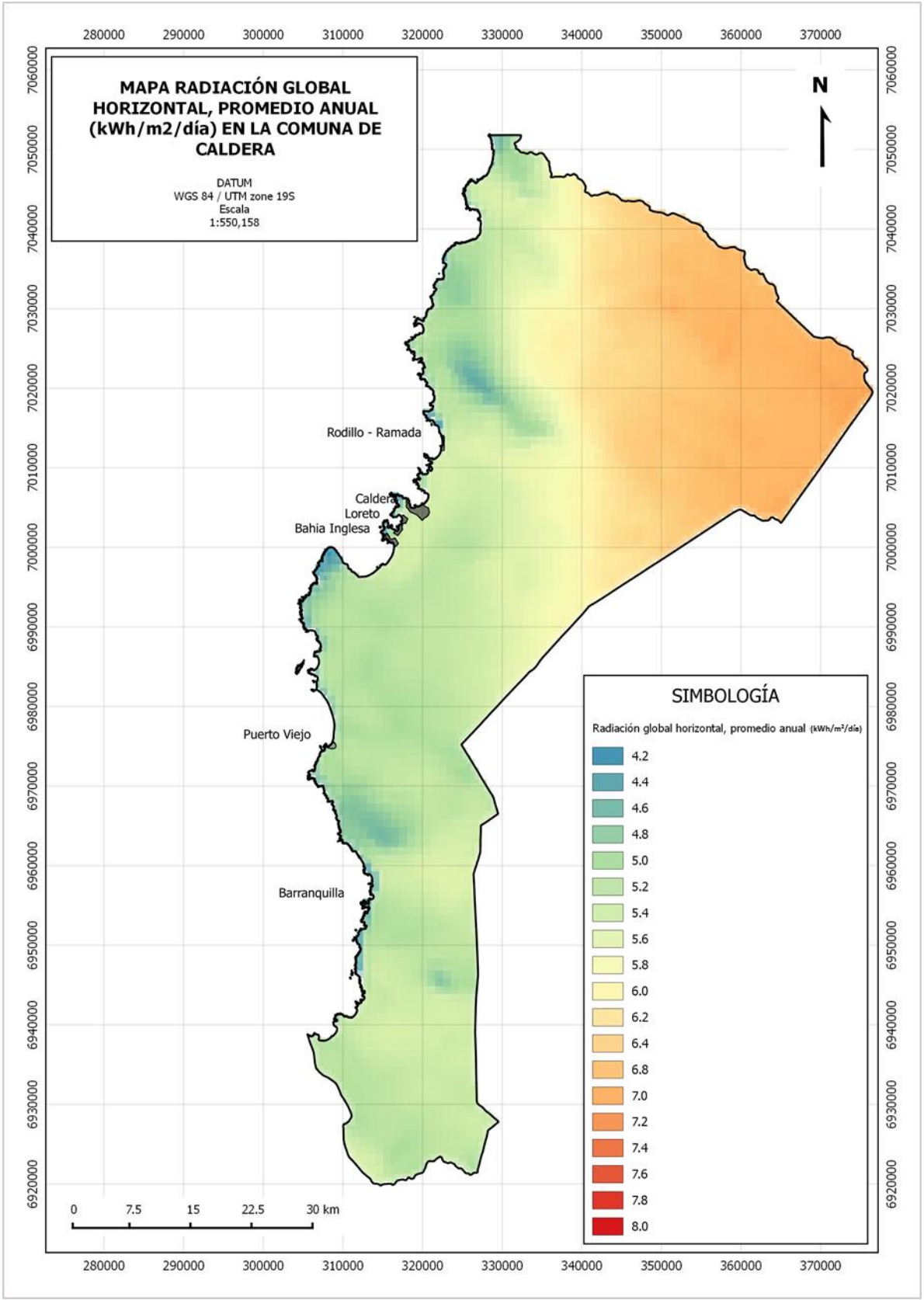

Ilustración 33: Radiación global horizontal, promedio anual en Caldera. Fuente: Elaboración propia en base a Ministerio de Energía

5.3 POTENCIAL ECOLÓGICO Y TÉCNICO

Como se mencionaba anteriormente el potencial ecológico y técnico toma en cuenta diferentes restricciones ecológicas, técnicas, legales y sociales, que descuenta del potencial teórico estimado previamente para luego generar una estimación de potencial conocido como potencial disponible.

En esta evaluación se utilizaron diferentes mapas que muestran diferentes características del territorio de la comuna de Caldera para finalmente obtener el potencial disponible. Los mapas utilizados fueron los siguientes:

I. Mapa áreas de carácter ambiental: Este mapa entrega información de áreas en la comuna de protección, conservación, manejo o interés medioambiental, proveniente a su vez de programas planes y estrategias como, el Programa Regional de Ordenamiento Territorial, Plan Intercomunal de comunas costeras, la Estrategia Regional de Biodiversidad, Zonificación de Borde Costero, Sistema Nacional de Áreas Silvestres Protegidas del Estado (SNASPE), Sitios bajo convención Ramsar y Santuarios de la Naturaleza.
II. Mapa de urbanización y asentamiento humano: La principal información que provee este mapa son los lugares físicos de asentamiento humano; el nivel de concentración de estos asentamientos, ya sean, pequeños poblados, zonas rurales o urbanas; y la infraestructura disponible para el apoyo a centro poblados y actividades en la comuna.
III. Mapa socio-económico: Mapa para comprender el ordenamiento y las zonificaciones para diferentes actividades productivas en la comuna. Estas zonas de uso exclusivo o compartido han sido elaboradas de programas planes y estrategias como el Programa Regional de Ordenamiento Territorial, Plan Intercomunal de comunas costeras y la Zonificación de Borde Costero.
IV. Mapa con curva de nivel: Mapa que provee datos sobre la topografía de la zona a través de la altura y la distancia que separa a estos diferentes niveles, mediante curvas representando de esta manera la superficie terrestre de la comuna.

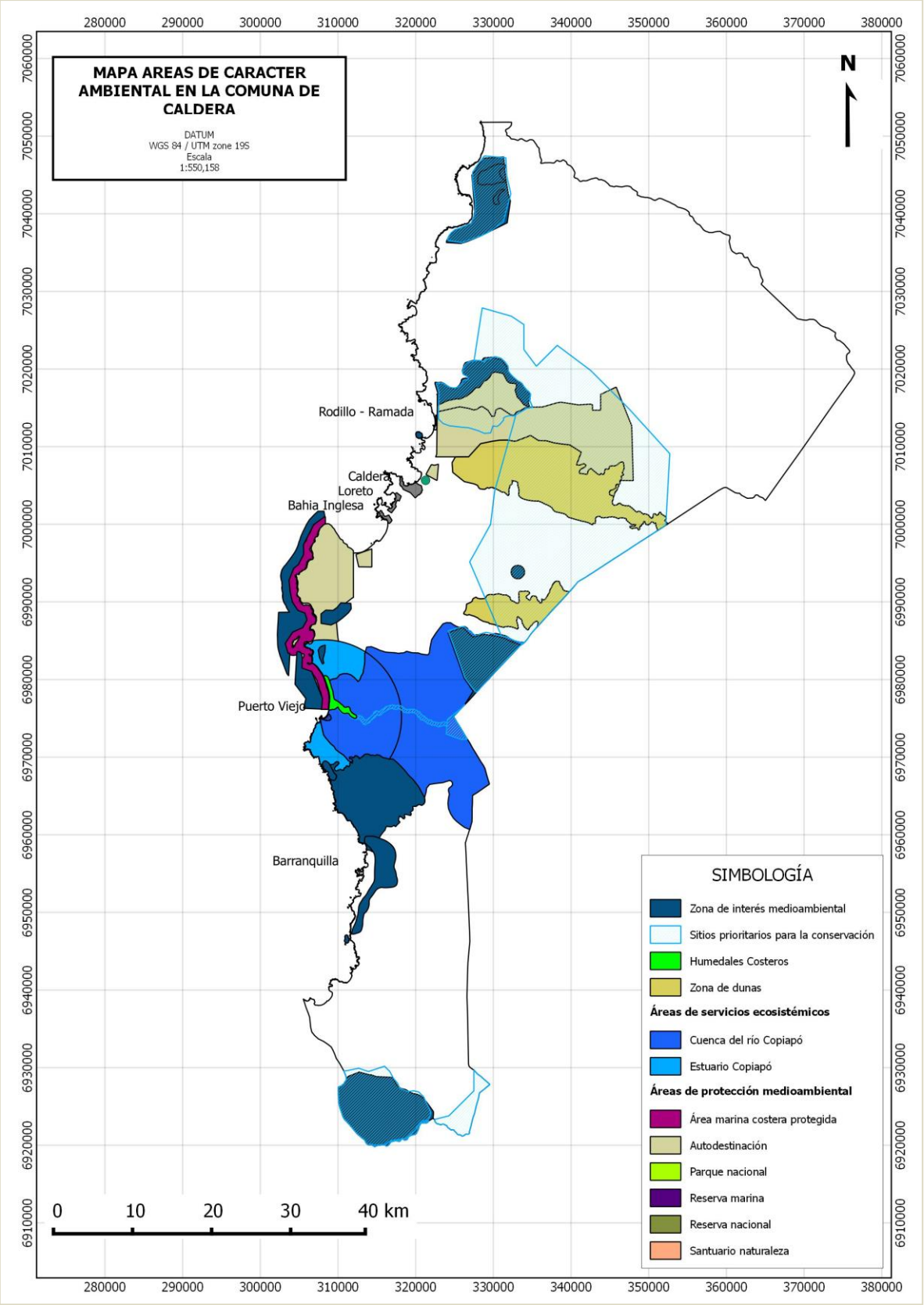

Ilustración 34. Mapa áreas de carácter ambiental en la Comuna de Caldera. Fuente: Elaboración propia en base a Gobierno Regional de Atacama

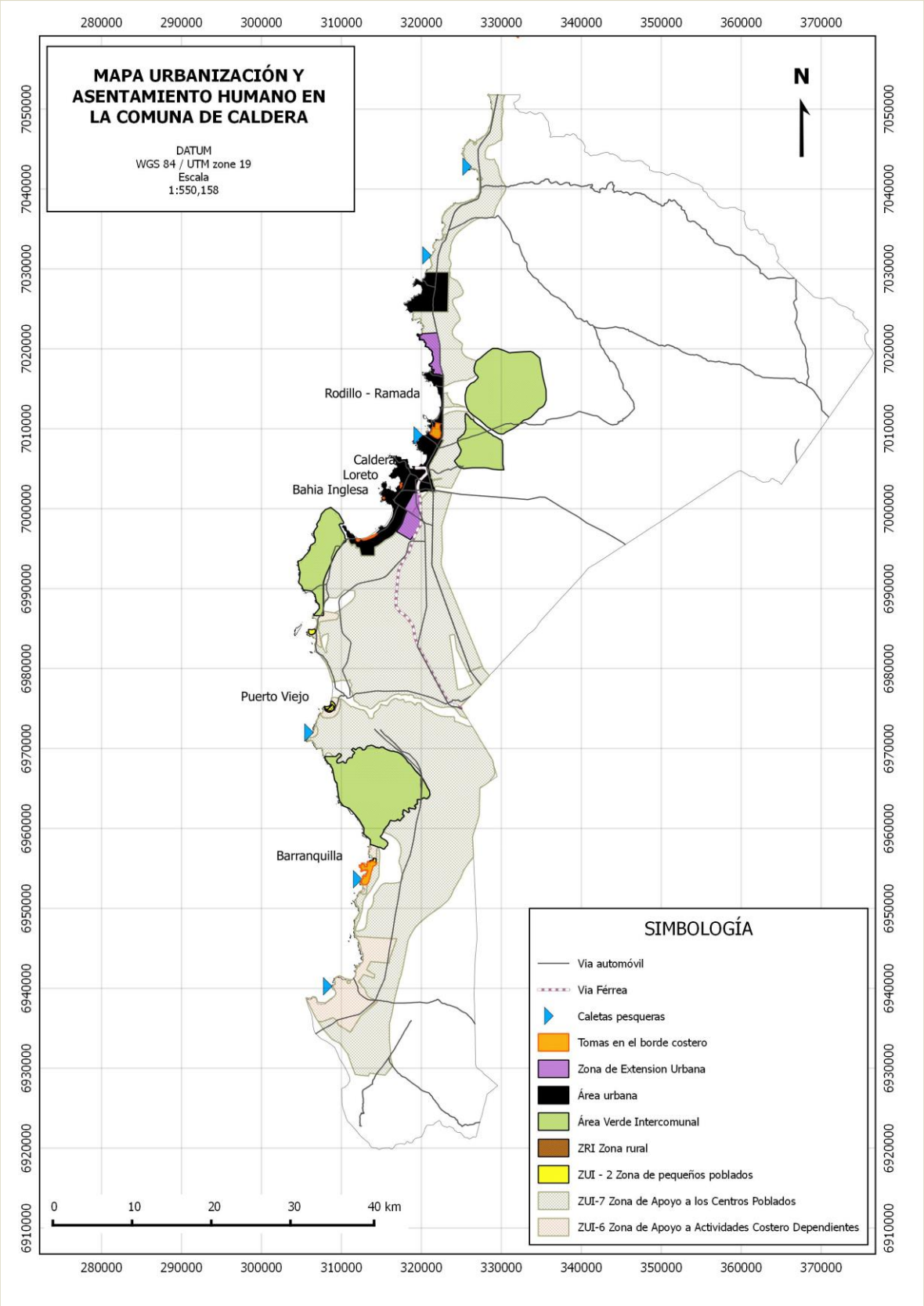

Ilustración 35. Mapa urbanización y asentamiento humano en la Comuna de Caldera. Fuente: Elaboración Propia en base a Gobierno Regional de Atacama

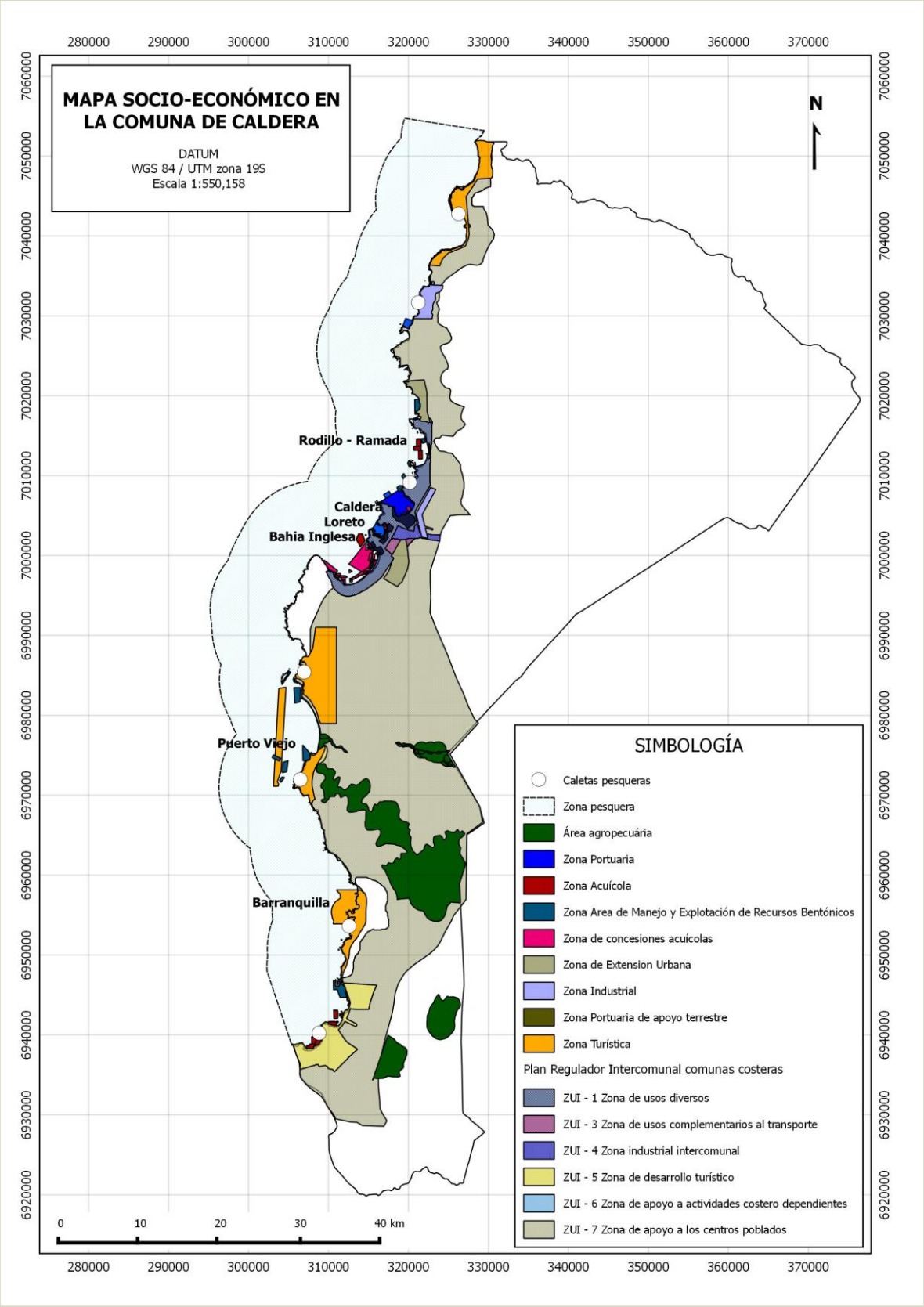

Ilustración 36. Mapa socio-económico en la Comuna de Caldera. Fuente: Elaboración propia en base a Gobierno Regional de Atacama

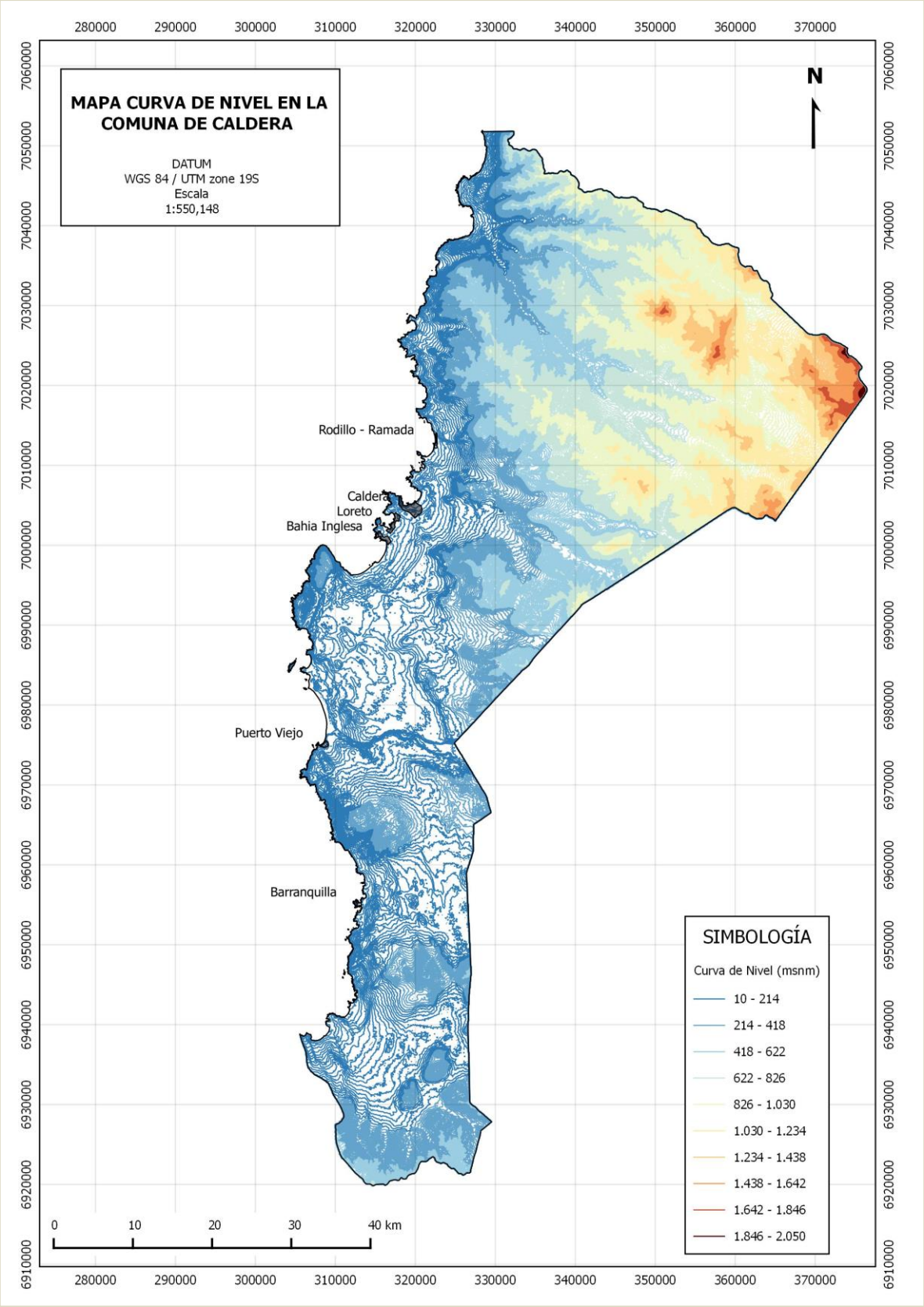

Ilustración 37. Curva de nivel en la Comuna de Caldera. Fuente: Elaboración propia en base a Gobierno Regional de Atacama

5.4 POTENCIAL DISPONIBLE

Como bien se mencionaba previamente el potencial disponible es aquel utilizado para determinar cuánta energía eléctrica y térmica se puede generar en Caldera a base del potencial de distintas fuentes energéticas. En esta sección no se analizará energía eólica, biomasa, hídrica, o geotérmica debido a que los antecedentes y/o resultados de las mediciones previas demostraron que el potencial teórico para aprovechar estas fuentes de energía a nivel utility scale, son inexistentes o demasiado bajas como para instalar, ya sean aerogeneradores, centrales a biomasa, hidroeléctricas o plantas geotérmicas, quedando descartadas estas fuentes para la comuna. Sin embargo se deberá considerar mediciones directas de estos recursos, especialmente el recurso eólico, para descartar completamente estas fuentes.

Para los resultados de la fuente solar fotovoltaica se consideraron dos opciones de potencial disponible, solar fotovoltaico a gran escala (utility scale) y solar fotovoltaico a escala pequeña instalado en techos (rooftop). La estimación del potencial desarrollada en esta sección es sensible a los criterios de selección utilizados.

5.4.1 Solar fotovoltaico utility scale

El potencial disponible definido para fuente solar fotovoltaico para utility scale se encuentra en la zona noreste de la comuna como muestra la siguiente figura. Esta zona tiene el mayor potencial teórico de la comuna debido a su alta radiación global horizontal media de 7 kWh/m^2/día al año, o radiación global horizontal total 2.555 kWh/m^2 anual.

Por otra parte, esta zona no tiene áreas de urbanización o asentamiento humano como tampoco áreas de protección o conservación ambiental, ni usos para actividad económica que impida el desarrollo de instalaciones fotovoltaicas de este tipo.

A favor también, esta zona tiene cierto nivel de acceso vial, y puntos a líneas de sub-transmisión disponibles (Línea TAP IMPULSIÓN-CALDERA 110 kV y Línea CNN-Totoralillo 220 kV) a una distancia entre 9 y 20 km de los puntos óptimos para instalaciones fotovoltaicas. Una buena conectividad vial, como también una disponibilidad de líneas para transmitir la energía son factores primordiales para poder desarrollar e instalar proyectos fotovoltaicos a gran escala.

Sin embargo, la zona noreste de la comuna cuenta con una topografía de alturas que llegan a los 2.050 msnm. Debido a las características topográfica (pendientes) y meteorológicas, como son las zonas de influencia de camanchacas, se descartó una amplia área de este sector noreste de la comuna, llegando finalmente a una superficie disponible total de 24 km^2 (2.400 ha).

De esta manera en base a la superficie (24 km^2) y el potencial disponible, luego de restricciones de un criterio conservador, se determinó que la capacidad total posible de instalar podría llegar a 146 MW y la generación anual a 298 GWh.

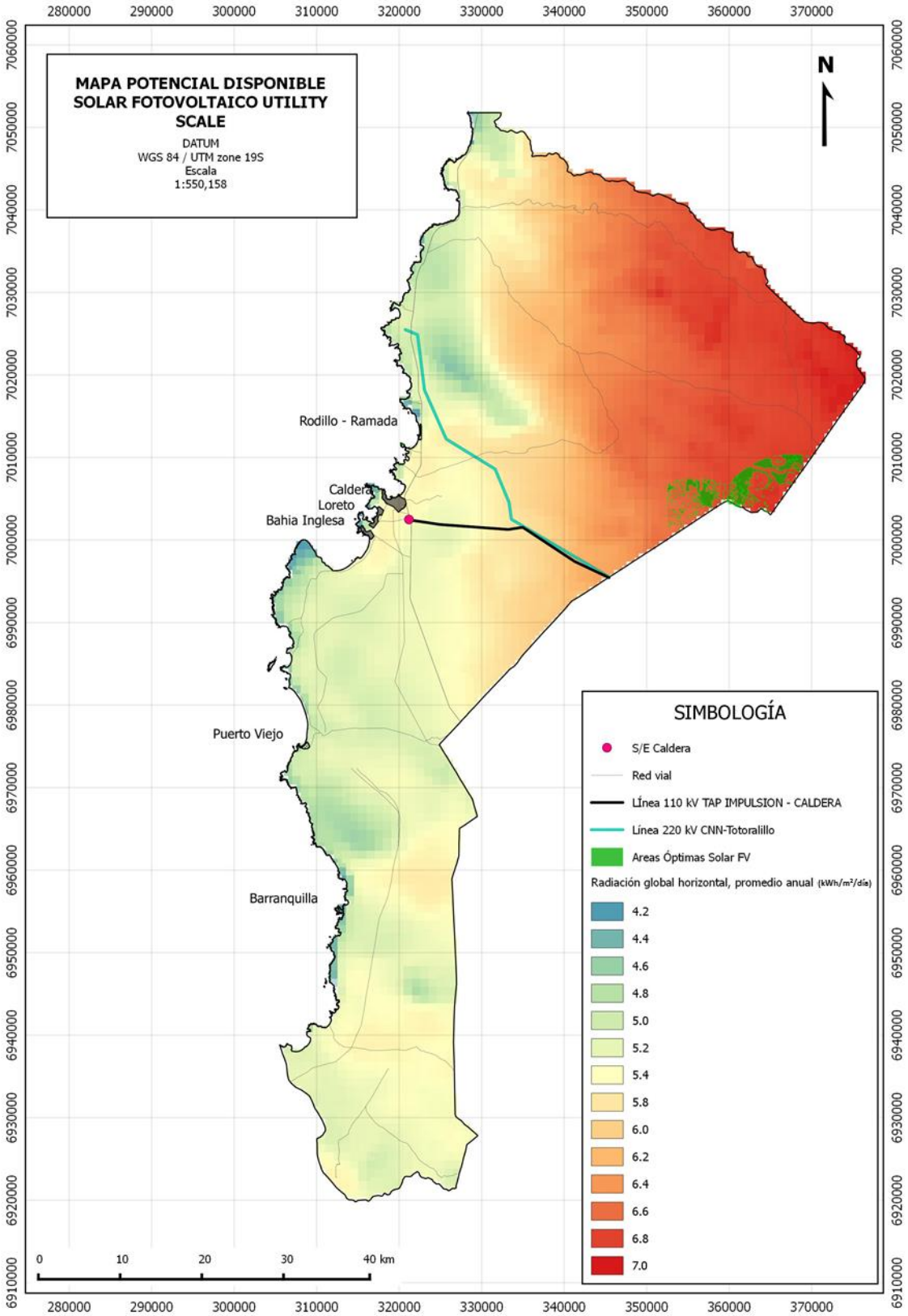

Ilustración 38. Potencial disponible Solar FV. Fuente: Elaboración propia en base a Ministerio de Energía y CCIRA

La siguiente tabla presentada resume las restricciones territoriales que se aplicaron a la comuna en la estimación del potencial solar fotovoltaico disponible para proyectos de gran escala (utility scale).

Tabla 16. Restricciones territoriales para el análisis de zonas con potencial FV[29].

FACTORES	RESTRICCIÓN
Densidad de potencia por superficie (conservador)	5 ha/MW
Factor de planta	22%
Superficie con buena orientación	30%
Radiación global horizontal media anual	≥ 6,5 kWh/m^2/día
Pendiente	Pendiente del suelo menor a un 15%
Altura	≤ 3.000 msnm
Distancia a centros urbanos	< 500 m
Distancia a ríos esteros y cuerpos de agua	< 300 m
Zonas protegidas	SNASPE, Sitios RAMSAR, Santuarios de la Naturaleza, Protección de dunas
Línea de costa	< 100 m
Ambientales	Zona de influencia de camanchaca
Líneas férreas y red vial	< 60 m

5.4.2 Solar fotovoltaico en techos (Rooftop)

El potencial disponible definido para fuente solar fotovoltaico para techos se encuentra en las zonas urbanas de la comuna, las cuales se ubican en la costa como muestra la figura anterior. Esta zona tiene un potencial teórico menor que la zona noreste de la comuna debido a condiciones de radiación menos favorables encontradas generalmente en la costa, como una mayor nubosidad y la presencia de la vaguada costera. Sin embargo las áreas urbanas de Caldera, Loreto y Bahía Inglesa aún tienen una buena radiación global horizontal media de 5,5 kWh/m^2/día al año, o radiación global horizontal total 2.008 kWh/m^2 anual.

Según la información oficial, actualmente existen aproximadamente 6.650 construcciones en la Comuna de Caldera[30]. En su mayoría estas construcciones se concentran en las principales zonas urbanas como Caldera, Bahía Inglesa y Loreto. Un porcentaje menor de estas construcciones se encuentra en los sectores rurales y pequeños poblados como Barranquilla, Puerto Viejo, Rodillo-Ramada.

[29] Fuente: Elaboración propia en base a: *Energías Renovables En Chile* (MINENERGIA/GIZ, 2014), *Identificación potencial ERNC Atacama* (CCIRA, 2012).
[30] 4.077 de estas construcciones son viviendas (CASEN, 2009)

En general la construcción en la comuna es en estructura de madera y bastante antigua por lo que presenta serios problemas. El casco histórico de Caldera data entre 1850 y 1930, para luego comenzar una expansión desde 1960 hasta la fecha. En lugares como Loreto y Bahía Inglesa existen construcciones más recientes, en la primera a partir de los años 1990 y en Bahía Inglesa 1970.

Considerando que una instalación de 1 kW tiene un peso de aproximadamente 60 kg, es necesario tener techos e infraestructura capaz de soportar estas instalaciones. De esta manera, para la estimación del potencial fotovoltaico en techos se consideraron como posibles puntos de instalación solo las viviendas construidas desde 1990 en adelante. Esto se debe por ser construcciones más nuevas, principalmente en albañilería confinada y bloques, pero además por los estándares constructivos que se produjeron post norma sísmica además de los estándares SERVIU que han ido mejorando con los años.

Para estimar el potencial solar disponible en la comuna de Caldera, se analizaron por separado las tres localidades urbanas de la Comuna; Caldera, Loreto y Bahía Inglesa. Esto se debe al diferente potencial solar teórico que tienen estas tres zonas entre sí. Esto se puede apreciar en las siguientes figuras.

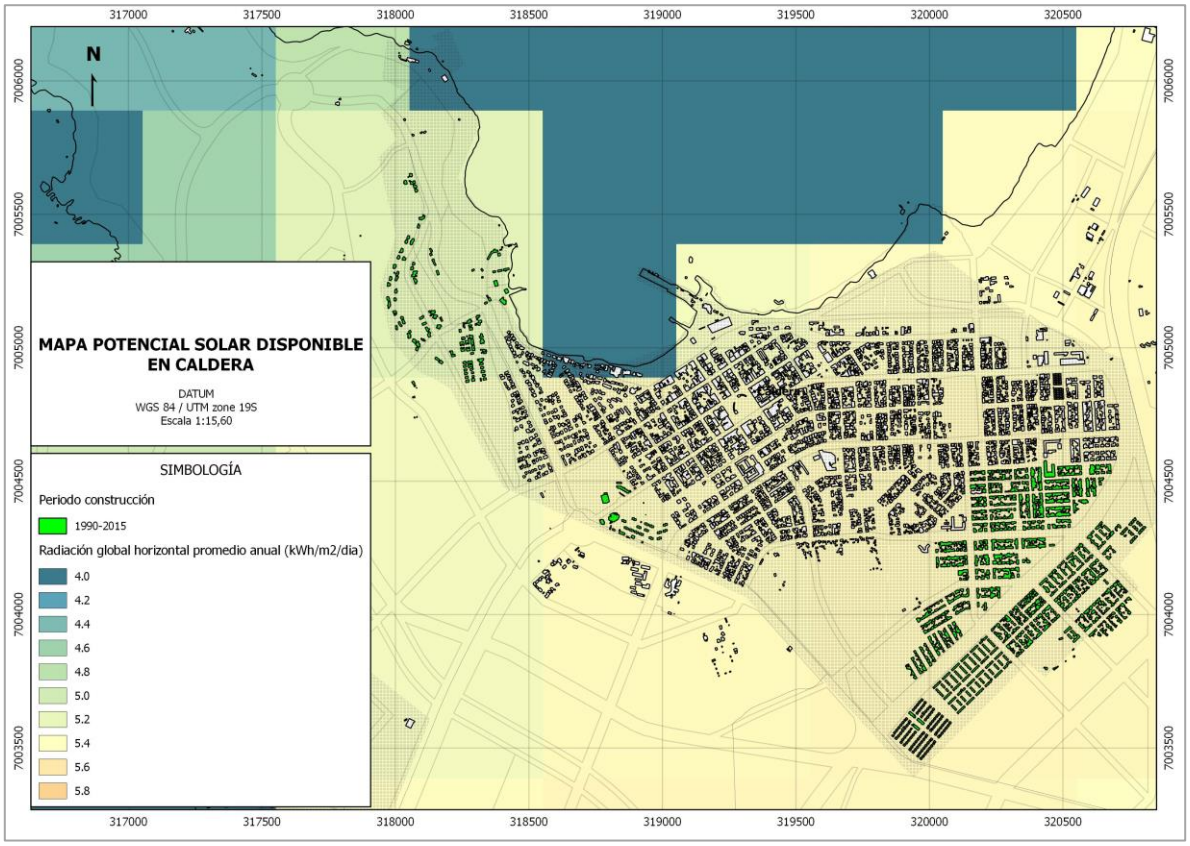

Ilustración 39. Mapa Potencial Solar Disponible en Caldera. Elaboración propia en base a Ministerio de Energía y Gobierno Regional de Atacama

Ilustración 40. Mapa Potencial Solar Disponible en Loreto. Elaboración propia en base a Ministerio de Energía y Gobierno Regional de Atacama

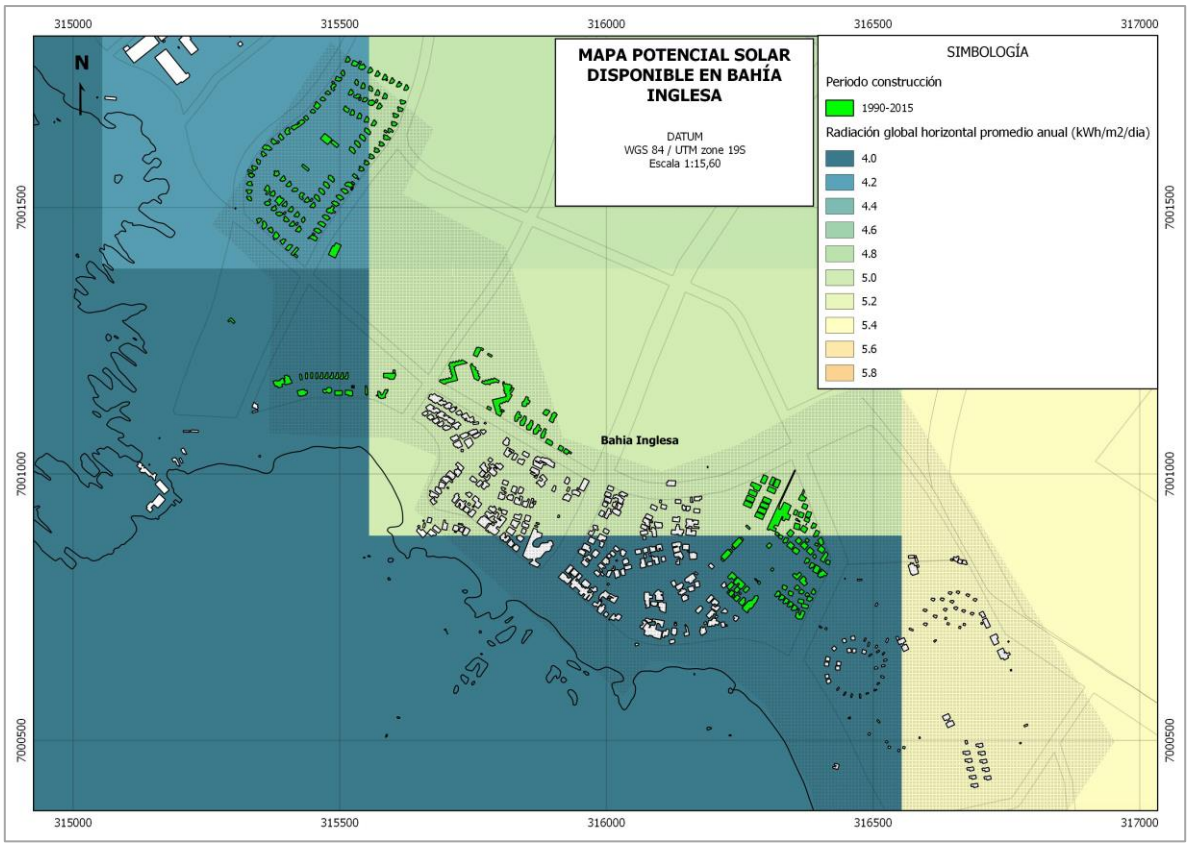

Ilustración 41. Mapa Potencial Solar Disponible Bahía Inglesa. Elaboración propia en base a Ministerio de Energía y Gobierno Regional de Atacama

La siguiente tabla presentada resume los supuestos y restricciones que se aplicaron a las construcciones urbanas en la estimación del potencial solar fotovoltaico disponible para techos.

Tabla 17. Supuestos para estimación del potencial fotovoltaico en techos.

Supuestos		
Periodo de las construcciones	1990-2015	año
Factor de planta en techos	20	%
Superficie por instalación en techos	8,75	m^2/kWp
Superficie disponible %	20	%
Superficie con buena orientación %	60	%
superficie de los techos para FV	60	%

A continuación se presentan los resultados del cálculo del potencial solar en la localidad de Caldera. Se puede destacar lo siguiente:

- Los techos (u otras superficies para la instalación de los paneles solares) son el factor determinante para la producción de electricidad a base de energía solar en la localidad.
- A base de la superficie disponible en las tres localidades, se puede instalar una capacidad potencial de 1.470 kW, la cual puede producir energía eléctrica total de 2.221 MWh anuales.
  - 1.694 MWh en Caldera.
  - 313 MWh en Loreto
  - 214 MWh en Bahía Inglesa

Tabla 18. Resultados Potencial solar para la producción de energía eléctrica en localidades urbanas de la comuna de Caldera.

RESULTADOS				
Área Urbana	**Caldera**	**Loreto**	**Bahía Inglesa**	**TOTAL**
Potencial solar teórico anual (kWh/m2)	2.008	1.825	1.643	-
Generación por kW instalado en techos (kWh/año)	1.565,9	1.425,3	1.282,8	-
Área total de techos (m2)	131.495	26.683	20.233	**178.411**
Superficie de los techos para FV (m2)	9.468	1.921	1.457	**12.846**
Potencial capacidad instalada en superficie con buena orientación (kW)[31]	1.082	220	166	**1.468**
Potencial generación en superficie con buena orientación (MWh/año)	1.694	313	214	**2.221**

[31] Potencial capacidad instalada en superficie con buena orientación considera el área disponible óptima para la generación de energía, la cual está libre de limitante sombra.

5.5 Potencial Eficiencia Energética

5.5.1 Antecedentes sobre principales sectores potenciales

Actualmente, en el país existe una política de Estado que ha promocionado la adopción de tecnologías eficientes en el uso de la energía, en diversos sectores de la economía nacional. Esta, ha permitido desde la creación de institucionalidad asociada a la eficiencia energética (ej. Agencia Chilena de Eficiencia Energética) y de políticas públicas (ej. etiquetado de artefactos y programa de recambio de ampolletas).

Al existir una política Estatal que fomenta la eficiencia energética, los esfuerzos que puede realizar la comuna de Caldera deben estar alineados con sus objetivos. Los planes y medidas locales que se generen deben apuntar en la línea de complementar y fomentar las políticas provenientes del gobierno central. La comuna debe enfocar sus esfuerzos de medidas de eficiencia energética en los sectores más relevantes, los cuales son, en orden descendente:

- Sector Industrial (46%)
- Sector Residencial (31%)
- Sector Comercial (13%)
- Alumbrado Público (7%)
- Fiscal y Municipal (3%)

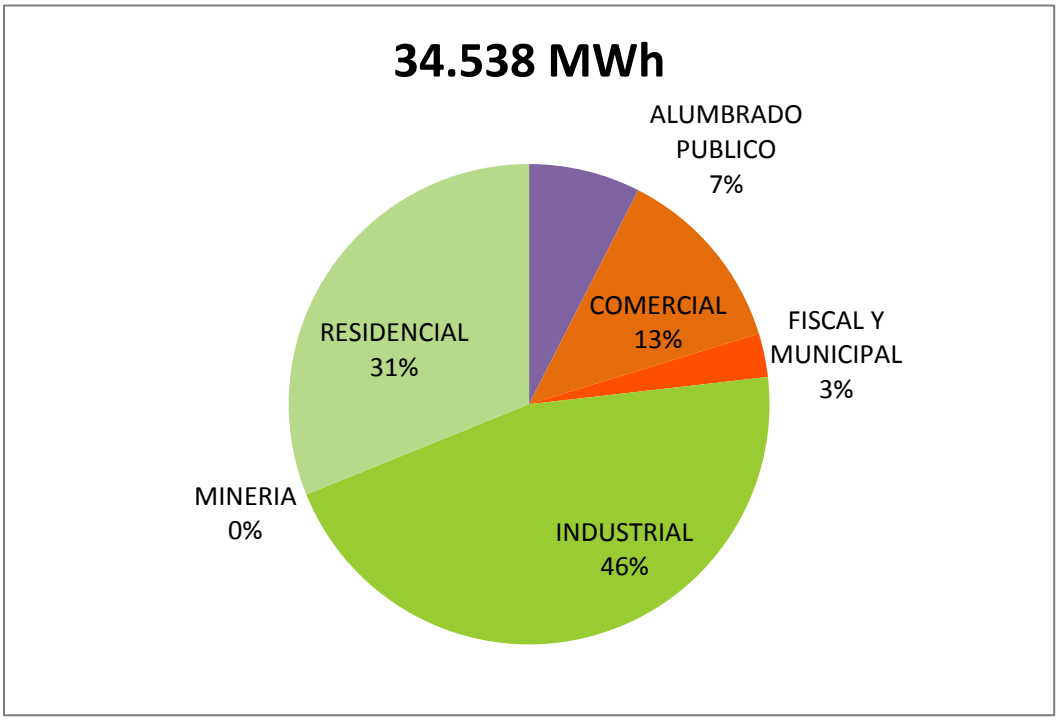

Ilustración 42: Distribución del consumo eléctrico de la comuna de Caldera.

Aunque el sector industrial aparece como el prospecto perfecto donde dirigir los primeros esfuerzos de eficiencia, debemos considerar que los procesos industriales llevan implícito el concepto de eficiencia puesto que ello tiene consecuencias en el mercado competitivo en el que están inmersas las industrias, de manera que uno de los principales focos siempre será la reducción de costos. Así las cosas, la principal preocupación de la comunidad en la industria debiera ser el control ambiental que pudiera verse afectado por la mencionada reducción de costos en el sector.

Concentraremos el análisis de reducción de consumo de energía en los sectores Residencial y Alumbrado Público.

5.5.2 Alumbrado Público

El consumo de electricidad en la comuna de Caldera por concepto de Alumbrado Público fue 2.591 MWh en el año 2014. Adicionalmente, sabemos que el Ministerio de Energía ha incluido a la comuna en su plan de recambio de luminarias por tecnología LED. Específicamente, en Caldera se recambiarán 3.000 puntos de luminaria existente por tecnología LED, lo que significará una reducción del consumo en un 40%. De acuerdo a información entregada por la Ilustre Municipalidad de Caldera, sabemos que el total de luminarias de la comuna es 3.041. Por lo tanto, el consumo de electricidad por luminaria para el año 2014 fue de aproximadamente 852 Kwh.

El recambio por tecnología LED planificado para la comuna significaría que cada nuevo punto de luminaria consumirá 341 kWh menos por año que lo que consumía con la tecnología antigua (sodio de baja presión). Extrapolando este número a los 3.000 puntos de luminaria que se cambiarán, los ahorros anuales totales por concepto de recambio de alumbrado público serán de 1.022 MWh.

5.5.3 Sector Industrial – Acuícola y Pesquero

El sector acuícola y pesquero de la comuna de Caldera se agrupa en la Asociación Gremial de Industriales Pesqueros y Cultivos Marinos A.G. (ASIPEC), que reúne a las 13 empresas de este rubro en la comuna de Caldera. ASIPEC tiene como objetivo propiciar el desarrollo y la sustentabilidad de las actividades de la pesca industrial y de la acuicultura. En este contexto, se firmó un Acuerdo de Producción Limpia (APL), involucrando a un total de 7 empresas con las que se puedo levantar un pre diagnóstico de cada una y establecer acciones de eficiencia energética a nivel sectorial y para cada una de las 10 plantas consideradas, estableciendo como meta la reducción de un 5% del consumo de energía.

Este pre diagnóstico arrojó que el principal consumo energético del sector está dado por la energía eléctrica, abarcando un 83% del gasto total en energía. Esta electricidad es utilizada principalmente para el bombeo de agua, blowers y equipos de frío.[32] Los blowers son sistemas de aireación (sopladores regenerativos) utilizados en las piscinas de acuicultura.

El sector presenta una serie de medidas de eficiencia energética que son aplicables a los procesos de las empresas del sector:

a. Medidas de eficiencia energética para sistemas eléctricos:
    I. Corrección de Factor de Potencia
    II. Eliminación de armónicos: los armónicos son distorsiones de las ondas eléctricas producidas por equipos que necesiten realizar conmutaciones en su operación normal, como es el caso de los variadores de frecuencia. La existencia de distorsiones armónicas genera pérdidas de potencia activa, sobretensiones de los condensadores, mal funcionamiento de protecciones, daño en los aislamientos y disminución de la vida útil de los equipos, lo que puede generar quema de distintos equipos o componentes de ellos.
    III. Control de encendido de equipos
    IV. Normalización de instalaciones eléctricas
    V. Instalación de Sistemas de Monitoreo y Supervisión del Suministro eléctrico

b. Medidas de eficiencia energética para sistemas térmicos:
    I. Cambio de Combustible
    II. Mantenimiento de equipos térmicos
    III. Reparación del aislamiento térmico de equipos y de cañerías
    IV. Precalentamiento en calderas por calor entregado por humos
    V. Reemplazo de calderas por bombas de calor

c. Medidas generales de eficiencia energética
    I. Limpieza de incrustaciones en tuberías

5.5.4 Sector Residencial

Los sectores Industrial y Residencial de Caldera es donde se debe enfocar los mayores esfuerzos de medidas de Eficiencia Energética, debido a que después del sector Industrial son el segundo mayor consumidor de la comuna y representan sobre el 30% del consumo eléctrico total de Caldera. A continuación, se presenta el cálculo para el potencial de eficiencia energética en el tema específico para la comuna de Caldera: iluminación residencial eficiente.

[32] Gamma Ingenieros (2013)

5.5.4.1 Iluminación residencial eficiente

Como se observó en el apartado de caracterización del sector Residencial, se tiene que el consumo de energía por efectos de iluminación es uno de los tres más importante en la comuna. Es por esto, que es relevante analizar la posibilidad de realizar un recambio de la iluminaria ineficiente existente en este sector por iluminaria eficiente.

Para esto, se debe analizar la caracterización de ampolletas por vivienda para la zona norte del país. Esta información se muestra a continuación en la siguiente tabla:

Tabla 19: Tenencia de ampolletas promedio a nivel nacional y en zona norte del país, por vivienda.[33]

	Promedio Nacional	Promedio Zona 1
Número total de ampolletas en el hogar	**13.2**	**10.7**
Ampolletas eficientes	5.3	4.7
Ampolletas corrientes de 60w y menos	3.4	2.7
Ampolletas corrientes mayor a 60w	3.1	2.2
Ampolletas fluorescentes	0.9	0.7
Focos dicroicos	0.4	0.2
Ampolletas LED	0.2	0.1
Ampolleta ineficiente – media	6.8	5.1
Ampolletas eficiente – media	6.4	5.6

Por medio de los siguientes supuestos, se estimó el potencial de reducción:

- La comuna de Caldera es representativa del promedio de la Zona Térmica 1 (zona del norte grande del país, sin incluir zona cordillerana).
- La potencia promedio de una ampolleta ineficiente es de 80 watt.
- La potencia promedio de una ampolleta eficiente es de 10 watt.
- Las ampolletas son utilizadas en promedio 4 horas diarias.
- En Caldera existen cerca de 4.077 viviendas al año 2009.[34]

[33] Fuente: CDT, 2010.
[34] Fuente: CASEN 2009

Tabla 20. Eficiencia energética para iluminación.

Consumo total sector residencial (MWh)	Consumo actual Iluminación (MWh)	Consumo eficiente Iluminación (MWh)	Ahorro (MWh)
10.707	2.762	637	2.125

Con lo anterior se obtiene que si se recambian todas las ampolletas ineficientes por eficientes solo en el sector Residencial de la Comuna de Caldera, existe un ahorro potencial de 2.125 MWh. Esto es equivalente a reducir en un 20% la demanda eléctrica de todo el sector Residencial de la Comuna.

5.5.4.2 Aislación Térmica

El tema de aislación térmica no fue abordado como una medida efectiva de eficiencia energética en la comuna de Caldera debido a la prácticamente nula utilización de calefacción en la comuna. Debido al clima desértico con temperaturas homogéneas en la costa, la utilización de calefactores es algo poco común en los segmentos residencial y comercial de Caldera.

La aislación térmica para el enfriamiento pasivo de espacios hoy día no es considerada una medida eficiencia energética prioritaria, debido a que no existe mayor demanda de aire acondicionado u otros artefactos para el enfriamiento de viviendas a nivel nacional y por ende de consumo energético para estos fines, especialmente en sectores costeros. A su vez el actual programa de aislación térmica está enfocado más hacia la calefacción de espacios que al enfriamiento de estos. El programa de aislación térmica entrega subsidio para acondicionar aquellas viviendas que fueron construidas antes del año 2007 y que, por lo tanto, no cumplen con los estándares térmicos definidos actualmente, produciendo un mayor costo energético. Hasta la fecha el programa se ha implementado en las regiones de la zona central y sur del país, como lo son las regiones de O`Higgins, Maule, Bío Bío, La Araucanía, Lo Lagos, Aysén, Magallanes y Metropolitana. Dadas estas condiciones, y pensando en que el plan de acción de la EEL debe concentrar sus esfuerzos en medidas concretas y efectivas que apunten al consumo responsable y eficiente de energía, se ha optado por dejar fuera de las opciones de evaluación la aislación térmica de viviendas.

6 Balance CO2

En esta sección se muestran las emisiones de CO_2 de la comuna de Caldera, causadas por los consumos energéticos de los sectores Comercial, Público, Residencial e Industrial.

Las emisiones de Gases de Efecto Invernadero (GEI), para la comuna de Caldera, en el marco del presente diagnóstico, se obtendrán a partir de la información de sus consumos de electricidad y gas licuado (GLP). Lo anterior se conoce como emisiones indirectas, ya que son emisiones de CO_2 que se originan debido a la actividad de estos sectores pero la realizan directamente las centrales de generación eléctrica que abastecen a la ciudad, que en este caso es el Sistema Interconectado Central. A continuación se presenta el factor de emisión del Sistema Interconectado Central para el año 2014 y el factor de emisión del gas licuado de petróleo (GLP).

Tabla 21. Factores de emisión SIC y gas licuado[35]

Factor de emisión del SIC año 2014 (tCO_2/MWh)	Factor de emisión del GLP (kg CO_2/ton)
0,36	2.985

De acuerdo a los consumos de electricidad y gas licuado de la comuna en el año 2014, se pueden calcular las emisiones de CO2 equivalente relacionadas al sector energético. A continuación se presentan las emisiones de CO2 equivalente de la comuna de Caldera para el año 2014.

Tabla 22. Emisiones de CO2 equivalente del sector energía en Caldera.

Tons CO_2 eq.	Electricidad	GLP	Total
Emisiones	12.434	3.540	15.974

[35] Fuente: elaboración propia en base a información del Ministerio de Energía (2015).

7 Visión y Objetivos para el desarrollo energético de Caldera

7.1 Visión

En esta sección se presenta la visión energética adoptada por el Municipio, la cual acompañará el futuro desarrollo energético de la comuna. Además se presentan los objetivos y metas a cumplir en el corto, mediano y largo plazo, en el marco de la estrategia energética.

Para llegar a una visión consensuada, se realizó un taller en Caldera, en el que se presentaron los principales resultados del diagnóstico energético y estimación del potencial de ERNC y eficiencia energética, y se desarrollaron mesas de trabajo para levantar los conceptos principales que la comunidad y actores locales deseaban incorporar. Posterior a la presentación de los resultados, se separó a los asistentes en dos grupos: productores de energía y consumidores de energía. Dentro de los asistentes estaban representantes de la Municipalidad, empresas y ONG's locales, asociación de turismo, Ministerio de Energía y artistas locales.

La dinámica consistió en que en primera instancia cada participante del grupo representó de manera gráfica (utilizando recortes de revista, plasticina y papeles de colores) y explicó cómo se imaginaba el futuro energético de la comuna de Caldera. Luego, cada uno debía listar en *post its* conceptos clave que creía debían representar la situación energética futura de Caldera, los que se agruparon posteriormente en distintos grupos de conceptos similares. A continuación, en las figuras 43 y 44 se presentan los principales conceptos e ideas levantadas por los participantes del taller.

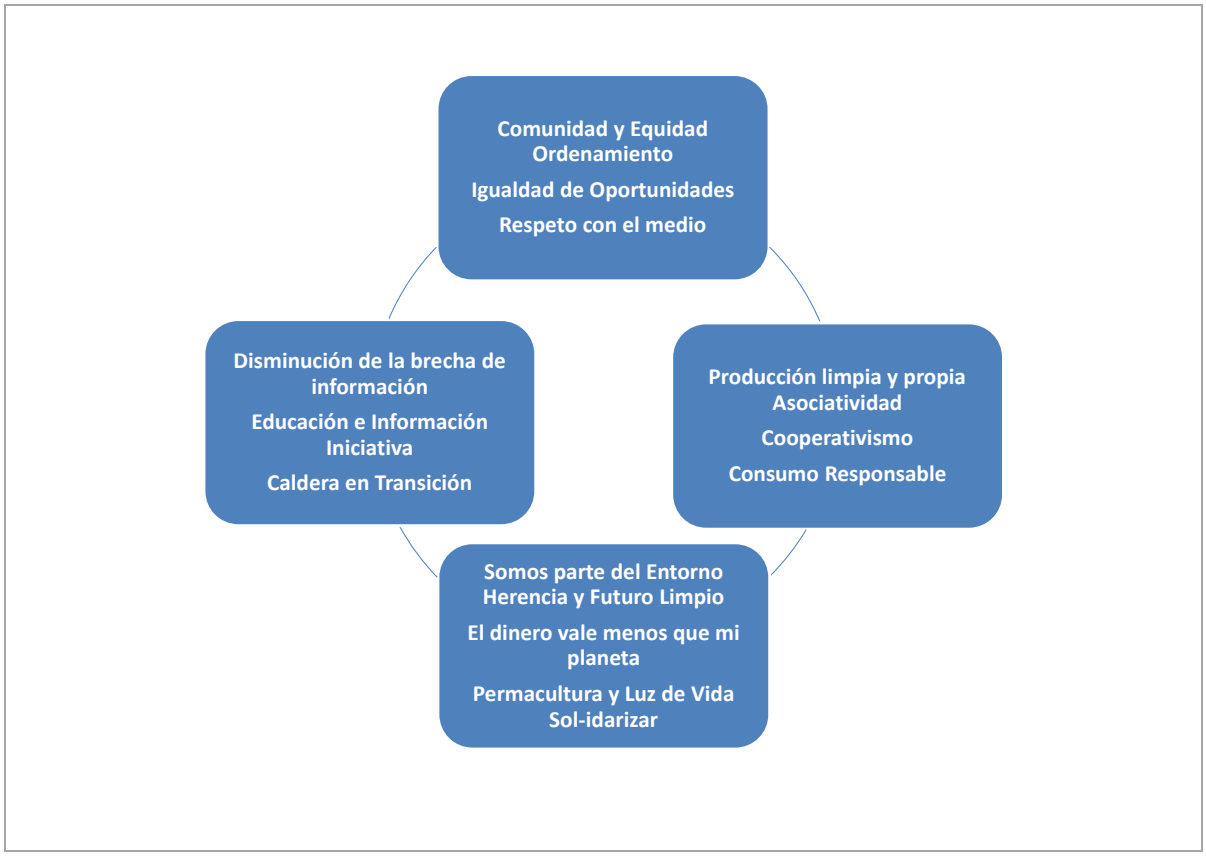

Ilustración 43: Resultados Taller Visión - Grupo Consumidores de Energía.

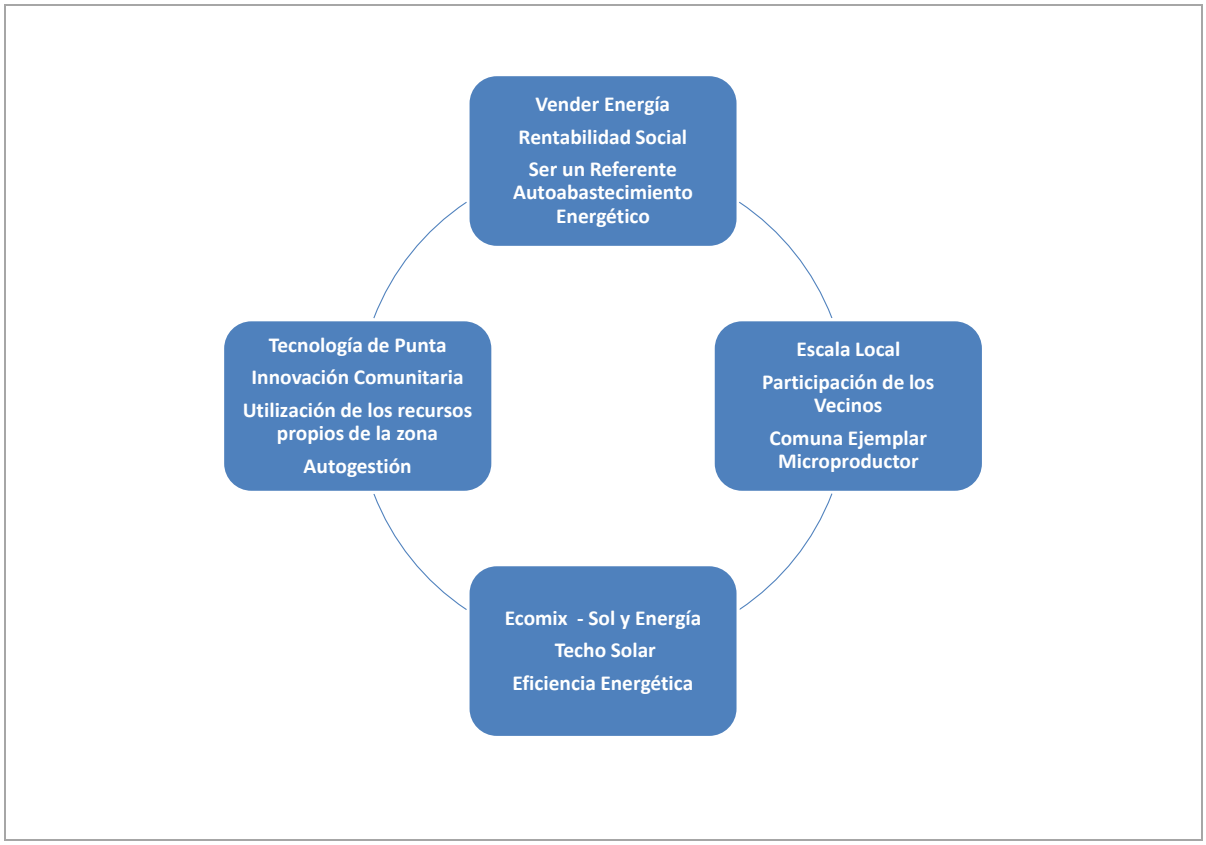

Ilustración 44: Resultados Taller Visión - Grupo Productores de Energía.

Se observó una clara tendencia de los participantes a proponer y destacar los conceptos de **utilización de recursos energéticos propios del territorio**, y **energía comunitaria y asociativa** como una forma para desarrollar proyectos de generación y eficiencia energética.

Los elementos destacados durante el taller se pueden resumir en los siguientes conceptos generales:

- Energía renovable, con especial énfasis en energía solar dado el potencial de la comuna
- Energía comunitaria y la incorporación de modelos de negocio asociativos
- La energía debe ser un motor de desarrollo comunal
- Energía sustentable y autogestionada
- Educación y concientización energética

Se realizó una sesión en la que el equipo consultor le presentó los resultados del taller al equipo del Municipio de Caldera y la Seremía de Energía de Atacama, estos fueron discutidos y posteriormente se consensuó una Visión para la EEL de Caldera. Se buscó incorporar los conceptos más destacados durante el taller, y que ésta visión representara las ideas de desarrollo que busca impulsar la Municipalidad. El resultado fue el siguiente:

7.2 Objetivos estratégicos y Metas

De la mano de esta visión se establecieron algunos objetivos y metas a ser cumplidos en el corto y largo plazo en el marco de la estrategia energética.

1. Desarrollo de una cooperativa energética en Caldera durante el próximo año, testeo del modelo y luego replicabilidad

El desarrollo de proyectos de energía bajo un formato asociativo o comunitario, ha sido un concepto destacado en prácticamente todos los talleres realizados en el marco de la EEL de Caldera. La comunidad local ha hecho hincapié y mostrado interés por asociarse bajo algún formato y así poder desarrollar proyectos de generación de energía para su autoconsumo o alternativamente implementar medidas de eficiencia energética para reducir sus consumos de electricidad. Este objetivo busca identificar a las asociaciones o grupos locales que cuenten con las condiciones e interés para desarrollar en el corto plazo una cooperativa energética.

2. Tres Escuelas Solares en los próximos dos años, con un programa de sensibilización en energía e impulsar que la temática se incluya dentro de la malla curricular o actividades anuales de las escuelas

Es primordial educar y sensibilizar a las nuevas generaciones en temas de energía limpia y eficiencia energética. Si estos conceptos son internalizados por los niños desde temprana edad, será más fácil la posterior adopción de estas tecnologías y la generación de una cultura en torno a la energía renovable y el uso responsable de ésta. En la comuna de Caldera existen 3 escuelas básicas, una escuela rural y un liceo técnico, en ninguna de las cuales existe un programa estructurado de enseñanza sobre energía. Dado esto, y la escala abarcable, es que consideramos fundamental impulsar la enseñanza de temas energéticos y al mismo tiempo mejorar el performance energético de estas escuelas y liceo.

3. 20% de la demanda eléctrica de los segmentos Comercial, Público y residencial (CPR) abastecida con energía solar en el año 2030.

El alto potencial solar detectado en la comuna, sumado a la significativa baja en los costos que la tecnología solar fotovoltaica ha tenido en los últimos años y la introducción de la ley de Net Billing, hacen que el desarrollo de la energía solar sea considerado prioritario en el futuro energético de Caldera. Adicionalmente, en los últimos dos años se ha visto un exponencial desarrollo de proyectos solares fotovoltaicos en la región de Atacama, por lo que esta tecnología ya está presente en otras comunas de la región

4. 20% de reducción de consumo eléctrico de los segmentos CPR al año 2030

La mejor energía es la que no se consume. Existe un consenso generalizado que el mejoramiento de la eficiencia energética se traduce en incrementos en los niveles de productividad y sustentabilidad de una sociedad, principalmente por la generación de ahorros energéticos. Además contribuyen al crecimiento económico y el desarrollo social. Existen una serie de beneficios asociados a la implementación de medidas de eficiencia energética, entre los que se pueden destacar el acceso a energía a precios razonables, el mejoramiento de la salud, el bienestar y desarrollo social, el aumento en la productividad y por ende competitividad, la reducción en los daños ambientales, y la creación de empleos. Al mismo tiempo hay un mercado aún incipiente, y problemas en cuanto al acceso a información sobre tecnologías disponibles y potenciales de ahorro alcanzables. Especialmente entre actores muy dispersos, tales como el sector residencial y el sector comercial, los cuales son los actores locales principales en Caldera, se debe propiciar de bajar el costo de transacción en compras y adquisiciones relacionadas con eficiencia energética. La meta de reducción de consumo de electricidad al año 2030 está basada en el consumo del segmento CPR en el año 2014, es decir 18.763 MWh. Por lo tanto, la reducción esperada al año 2030 es de 3.753 MWh.

8 Proyectos concretos y Plan de Acción

La visión, metas y objetivos fueron presentados en un taller ampliado realizado en la Municipalidad de Caldera, en el cual se contó con la participación de las siguientes organizaciones locales:

- Municipalidad de Caldera (Gestión Ambiental; Fomento Productivo; SECPLAN; Turismo)
- Ministerio de Energía – Seremia de Atacama
- Juntas de Vecinos
- Asociación de Turismo local
- ONG Atacama Limpia
- Comité Ambiental Comuna
- Asociación de Consumidores de Caldera
- Empresa de turismo Tumorrou

Luego de presentada la visión y objetivos, se presentaron 10 proyectos concretos, los cuales han sido identificados durante el transcurso del desarrollo del concepto energético. Algunos de estos fueron propuestos por actores locales en el taller de lanzamiento de la EEL en Caldera y en reuniones bilaterales con el equipo consultor, y otros propuestos directamente por el equipo consultor y el equipo de la Municipalidad. Estos proyectos fueron evaluados de acuerdo a ciertos criterios y priorizados para su implementación como parte del plan de acción de la EEL. A continuación se listan los diez proyectos evaluados y los criterios utilizados por los grupos de asistentes para priorizarlos.

1. Bicicletas Públicas
2. Cooperativa Energética de Caldera
3. Plaza Energética
4. Aquaponía Solar
5. Escuelas Solares
6. Agregación de demanda por energía solar fotovoltaica - Techo 30+
7. Ecospinning
8. Técnicos ERNC
9. Energía Solar para las duchas del estadio La Caldera
10. Iluminación eficiente para el sector residencial

Los proyectos fueron evaluados y priorizados en dos grupos, de acuerdo a los siguientes criterios:

Tabla 23. Criterios utilizados para priorizar los proyectos del Plan de Acción de Caldera.

Impacto/Visión (10 alto aporte)			Viabilidad (10 baja dificultad)		
Aporte a la Comunidad	Visibilidad	Aporte a las Metas	Dificultad de implementar	Disponibilidad de recursos	Capacidad de actores locales para desarrollarlo

El resultado de este ejercicio definió 5 proyectos como prioritarios de ser implementados en el marco del plan de acción de la comuna de Caldera. El plan de acción de la EEL de Caldera se enfoca en 5 proyectos específicos, dado el análisis realizado por el equipo consultor respecto a las capacidades de gestión internas del Municipio y su disponibilidad de tiempo para articular a los actores y darle el seguimiento necesario al plan de acción. Es por esta razón que se propone enfocar los esfuerzos de los años 2016-2018 en el diseño en detalle e implementación de los proyectos que se detallan a continuación. Es tremendamente importante conseguir resultados en el corto plazo, con el fin de demostrar mediante la implementación de proyectos que la estrategia energética de Caldera es más que solo un documento de diagnóstico. Por el contrario, la EEL debe posicionarse como una visión energética de largo plazo y un conjunto de acciones concretas que le dan vida a esta visión, la cual se traduce en un aumento de la calidad de vida de los residentes de Caldera.

Esto significa que la Municipalidad colocará, en el corto plazo, sus primeros esfuerzos de implementación y articulación en los siguientes proyectos:

- Bicicletas Públicas
- Cooperativa Energética de Caldera
- Escuelas Solares
- Iluminación eficiente para el sector residencial
- Techo 30+ Caldera

En lo que tiene relación con la implementación de los proyectos que se detallan a continuación, el equipo de consultores locales que ha participado desde los inicios en el desarrollo de la estrategia energética de Caldera, ha mostrado interés y cuentan con las capacidades necesarias para acompañar y asesorar a la Municipalidad en esta nueva etapa de la EEL. La experiencia de los últimos dos años en el desarrollo de EELs nos ha demostrado la importancia de contar con los recursos humanos necesarios para realizar el seguimiento e implementación del plan de acción de la estrategia. En el caso que la Municipalidad no cuente con los recursos necesarios para ejecutar estas funciones, será necesario el apoyo de un asesor que cuente con el tiempo y *expertise* técnico para llevar adelante el plan de acción, y así darle vida a la estrategia energética de Caldera.

Calendario de Implementación de proyectos

El Plan de acción de esta EEL considera la implementación de proyectos en distintos plazos, dependiendo de su complejidad, clasificándolos en:

- Corto plazo: Con un máximo de 12 meses para su total implementación.
- Mediano plazo: Con un máximo de 24 meses para su total implementación.
- Largo plazo: Son proyectos de largo aliento donde su implementación es de 36 meses o más.

Tabla 24. Plazo de implementación de proyectos EEL Caldera.

Proyecto	Plazo para implementación		
	Corto (12 meses)	Mediano (24 meses)	Largo (36 meses o más)
Escuelas Solares			
Iluminación eficiente para el sector residencial			
E-bike Caldera			
Cooperativa Energética de Caldera			
Techo 30+ Caldera			

8.1 Escuelas Solares

Descripción del proyecto:

En chile a pesar del gran potencial de generación de energía solar, esta no ha penetrado a nivel domiciliario ni en pequeña escala como los niveles que ha alcanzado a nivel industrial ni tampoco con los niveles alcanzados internacionalmente. La falta de información por parte de la ciudadanía en cuanto a posibles uso, tecnologías y principalmente precios del desarrollo de una instalación que cubra consumos importantes a nivel local.

El proyecto de Escuelas Solares consiste en desarrollar un programa de sensibilización energética en las escuelas municipales de la comuna de Caldera, con el fin de capacitar a un subconjunto de alumnos de la escuela en temáticas energéticas, con un especial énfasis en energía solar. La energía solar será posicionada como un tema de interés en la escuela, impactando no solo a alumnos, pero también a apoderados, profesores y auxiliares.

El programa de sensibilización debe venir acompañado de un mejoramiento energético en la infraestructura escolar, lo que incluya medidas de eficiencia energética (para reducir los gastos energéticos) e incorporación de sistemas solares fotovoltaicos para el autoabastecimiento de electricidad limpia y renovable.

Será importante comenzar el Programa de Escuelas Solares con la escuela que muestre un mayor nivel de motivación y compromiso con el proyecto. Para esto se deben realizar reuniones prospectivas para explicar el proyecto a los/las directores/as de las escuelas, con el fin de identificar quién muestra un interés certero. Contar con el apoyo del director/a es clave para el éxito y correcto desarrollo del proyecto.

Una vez identificadas las escuelas interesadas en participar del programa, se deberá evaluar las potenciales fuentes de financiamiento y paralelamente identificar a las empresas y organizaciones que puedan desarrollar el programa de capacitación e instalación de tecnología solar fotovoltaica.

Aporte a las metas: Este proyecto aporta directamente a dos de las metas de la EEL. Por un lado aporta al desarrollo de sistemas solares fotovoltaicos en infraestructura escolar y adicionalmente aporta a la meta de autoabastecer 20% del consumo eléctrico del segmento CPR de la comuna con energía solar fotovoltaica al año 2030.

Asumiendo un sistema fotovoltaico de 10kW en promedio por escuela, y apuntando al desarrollo de 3 escuelas solares en el marco de este programa, se contará con una capacidad instalada de 30kW en la infraestructura escolar de Caldera. Con un potencial de generación para Caldera que se mueve entre 3,5 y 4,3 kwh/kwp día, se alcanzaría una generación de energía fotovoltaica que varía entre 38 y 47 MWh por año.

Actores involucrados:

- Departamento de Educación de la Municipalidad de Caldera
- Escuelas públicas seleccionadas
- Proveedores de sistemas y servicios de energía solar
- Organismo local que coordine e implemente el programa y actúe de interlocutor con el Municipio
- Emelat (Empresa distribuidora de electricidad en Caldera)

Financiamiento: Las potenciales alternativas de financiamiento para este proyecto incluyen tanto fuentes públicas como privadas:

- Fondo de Acceso Energético (FAE) del Ministerio de Energía
- Fondo de Innovación para la Competitividad (FIC) Región de Atacama
- FNDR
- Recursos de la Municipalidad de Caldera
- Auspicio de empresas privadas con actividades en la comuna. Minera y Puerto Candelaria y Puerto CAP son interesantes opciones de evaluar
- Una fuente adicional de financiamiento podría ser incorporar un modelo de crowdfunding, replicando el modelo implementado en el Reino Unido bajo el programa Solar Schools[36]. En este, alumnos, apoderados y profesores de las escuelas son provistos con el entrenamiento, apoyo y set de herramientas necesarias para levantar el financiamiento necesario para cubrir el costo de los paneles fotovoltaicos mediante un mecanismo de crowdfunding

Costo estimado:

El mayor costo asociado a este proyecto será la compra e instalación de los sistemas solares fotovoltaicos para las escuelas. El tamaño del sistema fotovoltaico dependerá de las necesidades energéticas de la escuela en particular, de la disponibilidad de techo para colocar los paneles, y del dimensionamiento del sistema (autoconsumo vs inyección a la red). Estas variables deben ser analizadas en el lugar mismo por una empresa especializada. Tomando en consideración los valores actuales de la tecnología solar fotovoltaica, y pensando en un sistema de 10kW para una escuela, el costo estimado sería de $18.000.000.

[36] www.solarschools.org.uk

8.2 Iluminación eficiente para el sector residencial

Descripción:

ILUMINACIÓN EFICIENTE	**LED** **CFL**
Esta medida está enfocada principalmente a la reducción de consumo eléctrico en el sector residencial de Caldera, en donde el parque de luminarias existente iría cambiando gradualmente a ampolletas más eficientes (CFL o LED), las cuales tienen en promedio una reducción unitaria en el consumo eléctrico de 67% (CFL) y sobre 80% (LED) en relación a una ampolleta tradicional (PRIEN, 2010). Se estima que debido al programa nacional de etiquetado la composición del parque de ampolletas eficientes es de aproximadamente 30% del parque total en 2012 (PRIEN, 2010).	
Principales Ventajas	**Desventajas o precauciones**
• Muy buen retorno sobre la inversión. • Baja o en realidad casi nula mantención. • De muy fácil recambio • Muy buen acceso a la tecnología, es decir, se vende en la mayoría de los locales establecidos. • Tienen una vida mucho más larga que una ampolleta incandescente.	• La mayoría de este tipo de luminarias a nivel residencial no son “dimmerable”. Esto quiere decir que se pueden generar problemas si se tiene un dimmer o “atenuador de luz”. • Las luminarias LED tienen un alto costo inicial. A pesar de su bajo costo de operación esto genera barreras en los segmentos de menor poder adquisitivo.

Tabla resumen con rangos de costos y ahorros – Iluminación LED		
Los principales supuestos en el modelo de esta medida son el ahorro energético de sobre 80% para ampolletas LED, en relación a una ampolleta tradicional (PRIEN, 2010). La vida útil, en donde aquella de un artefacto tradicional es de 1.000 horas versus 50.000 con una LED (McKinsey & Co, 2011). También se hace la suposición de que el total de horas de uso diario residencial es en promedio 5 horas diarias, Por último el número de ampolletas por vivienda es de 11 ampolletas en promedio (CDT, 2010). Se considera un precio unitario por ampolleta LED de CLP$9.000 y un recambio completo.		
Costo Inversión	99.000	$[\$]$
Ahorro Esperado	814	$[kWh/\text{año}]$
Período de Retorno de Inversión	1	$[\text{año}]$
Tabla resumen con rangos de costos y ahorros – Iluminación CFL		
Los principales supuestos en el modelo de esta medida son el ahorro energético de 67% para ampolletas CFL, en relación a una ampolleta tradicional (PRIEN, 2010). La vida útil, en donde aquella de un artefacto tradicional es de 1,000 horas versus 6.000 a 15.000 horas de un artefacto eficiente (McKinsey & Co, 2011). También se hace la suposición de que el total de horas de uso diario residencial es en promedio 5 horas diarias, Por último el número de ampolletas por vivienda es de 11 ampolletas en promedio (CDT, 2010). Se considera un precio unitario por ampolleta CFL de aproximadamente CLP$2.000.		
Costo Inversión	22.235	$[\$]$
Ahorro Esperado	613	$[kWh/\text{año}]$
Período de Retorno de Inversión	4	$[meses]$

Aporte a las metas: Este proyecto aporta directamente a la meta de eficiencia energética establecida, la cual impulsará lograr un 20% de ahorro en los consumos eléctricos de los segmentos Comercial, Público y Residencial al año 2030.

La iluminación representa aproximadamente el 14% del consumo de electricidad de una casa en el norte de Chile (CDT, 2010). Dado esto, y los interesantes retornos sobre la inversión de instalar tecnología de iluminación LED en una residencia, creemos que este programa es un excelente punto de partida para impulsar la eficiencia energética en el sector residencial de Caldera. Además de ser sumamente rentable, se trata de una tecnología simple y fácil de adquirir, y se pueden generar compras asociativas de ampolletas eficientes para grupos organizados de vecinos.

Tomando en consideración el consumo de electricidad promedio de una residencia en Caldera (2,64 MWh por año), que el 14% de este consumo corresponde a iluminación (aproximadamente 370 kWh por año), y el hecho que la tecnología LED permite conseguir ahorros de aproximadamente 80%, se podría afirmar que el recambio completo de ampolletas en una residencia de Caldera se traduciría en ahorros de 296 kWh anualmente.

Actores involucrados:

- Juntas de vecinos
- Municipalidad
- Proveedor de tecnología de iluminación LED
- Actor neutral que administre el proceso y actúe de interlocutor entre el proveedor de tecnología y los vecinos

Costo estimado:

El costo de inversión dependerá de la escala que se quiera lograr con el programa. Además, a medida que aumente la escala, las economías de escala harán bajar el costo unitario del foco LED. Como se detalla anteriormente, el costo estimado de realizar un recambio completo de los focos de una casa por tecnología LED sería de $99.000. Sin embargo, el modelo a implementar consistirá en agrupar a los vecinos que estén interesados en invertir en iluminación eficiente para su hogar, con el objetivo de realizar una compra asociativa que permita bajar los costos por unidad. El precio final dependerá de la escala que se consiga y de la negociación que se logre con el proveedor de la tecnología, pero creemos que una reducción de un 20% es alcanzable. Esto bajaría el precio final a $79.200 para el recambio completo de la iluminación de una casa.

Para el desarrollo de este proyecto será importante contar con la presencia de un actor independiente, el cual pueda actuar de interlocutor entre los vecinos y el proveedor de tecnología. Este rol lo puede jugar un actor local con conocimiento de la tecnología y capacidades de negociación, e inspire confianza en los residentes que participen del programa. Este rol de agente neutral lo puede cumplir el comité ejecutor, el cual estará encargado de asegurar el cumplimiento del plan de acción de la EEL.

En cuanto al procedimiento de implementación a seguir, se propone congregar a agrupaciones de vecinos interesados en hacer un recambio de ampolletas por tecnología eficiente, e invitarlos a sostener una reunión informativa en la Municipalidad. En esta se les presentarán a los vecinos los costos estimados de realizar un recambio parcial o completo de su sistema de iluminación. Previamente a esta reunión, el comité de implementación habrá sondeado con proveedores de tecnología LED los costos ofrecidos, tomando en consideración las distintas escalas que podría tener el programa (lo que dependerá de la cantidad de vecinos interesados).

8.3 E-bike Caldera, me muevo con la energía del sol

Descripción:

El uso de bicicletas públicas como sistema de transporte urbano es una tendencia en el mundo y en nuestro país ha ido cobrando relevancia en los últimos años, siendo un referente el sistema BikeSantiago, el cual ha permitido transitar a través de 11 comunas de la Región Metropolitana, transformándose en una solución eficiente, segura y sustentable para esta zona.

La propuesta para la Comuna de Caldera, toma este modelo como base pero incorpora como factor de innovación el uso de bicicletas eléctricas cargadas a través de paneles fotovoltaicos, además de bicicletas tradicionales.

Procedimiento:

El desarrollo de este proyecto permite cubrir necesidades de transporte a dos niveles:

- Residentes: Este grupo podrá trasladarse a través de los distintos barrios de la zona urbana en el día a día, siendo una alternativa para el transporte público tradicional y facilitando la autonomía de los usuarios.

- Turistas: Este grupo podrá contar con una nueva alternativa de actividad para desarrollar en la comuna a través del Cicloturismo, el cual se puede complementar con aplicaciones de audioguías o tour especializados diseñados por los operadores locales.

La incorporación del uso de bicicletas por parte de los residentes de Caldera, requiere de un cambio de hábito en sus rutinas diarias, por lo que resulta una buena alternativa comenzar con un proyecto piloto con un stock de 50 unidades. Se debe considerar que la demanda por uso de estas bicicletas tendría un peak en los meses de verano (diciembre a marzo), debido a la alta presencia de turistas en la zona.

Para ambas necesidades de transporte se debe contar con una buena cobertura de estaciones, en puntos de fácil acceso para los turistas y cercanos a zonas residenciales y de servicios claves para los habitantes de la comuna, por lo que se proponen 5 puntos iniciales:

- Sector Bahía Inglesa
- Sector Calderilla-Loreto
- Sector Caldera Antiguo (Plaza de Armas o explanada)
- Sector Manuel Orellana
- Sector Las Playas

Ilustración 45: Ejemplo de estación de recarga solar para bicicletas.

La tecnología de bicicletas eléctricas abarca una amplia gama de alternativas, desde modelo 100% urbanos a diseños todo terreno, además de sistemas mixtos que gestionan la "ayuda" según las necesidades del usuario.

Estas bicicletas deben contar con sistemas de localización ocultos (GPS), de manera de poder rastrear su ubicación a través de un software de control.

Ilustración 46: Modelo de bicicleta eléctrica urbana y todo terreno.

En Chile, la conducción de bicicletas solares no cuenta con requerimientos especiales siempre que los modelos utilizados tengan una cilindrada igual o menor a 50 centímetros cúbicos.

Aporte a las metas:

Este proyecto aporta a la meta de la generación de un 20% de la demanda eléctrica de los segmentos Comercial, Público y residencial (CPR) abastecida con energía solar en el año 2030.

Los modelos de bicicletas existentes en el mercado chileno tienen un rendimiento aproximado de 10Wh/km y una autonomía de 60 km. Si consideramos una eficiencia de la batería y del sistema de carga de un 80%, se requerirá la generación de 750 Wh al día. Sin embargo el recorrido promedio no debería superar los 15 Km basados en el tamaño de la zona urbana (187,5 Wh).

En la ciudad de Caldera hay un potencial solar que varía entre 3,5 y 4,3 kwh/kwp día. Si diseñamos estaciones de recarga para 10 bicicletas cada una, se necesita una capacidad instalada de 0,54 kW por estación, dando un total de 2,68 kW para el proyecto completo.

Adicionalmente, el proyecto e-bike Caldera genera impacto en distintos niveles:

1. Establece un nuevo medio de transporte, de bajo impacto ambiental (menos emisiones) y vial (menor congestión vehicular).
2. Mejora la calidad de vida de los usuarios.
3. Es un proyecto de buena visibilidad por lo que contribuye a la buena imagen de la Comuna
4. Se transforma en una alternativa para recorridos turísticos

Actores involucrados:

- Ilustre Municipalidad de Caldera
- Operadores turísticos
- SERNATUR Atacama
- Empresas locales (Auspiciadores)
- Agrupación de empresas de turismo

Costo estimado:

Considerando una capacidad instalada de 2,5 kW para la operación de 5 estaciones con 10 bicicletas cada una, se estima un costo aproximado de $30.000.000 el cual incluye: bicicletas, generación de energía e infraestructura. A esto se debe sumar un costo mensual de operación y mantención.

Considerando una capacidad instalada de 2,5 kW para la operación de 5 estaciones con 10 bicicletas cada una, se estima un costo aproximado de $60.000.000 el cual incluye: bicicletas con GPS, generación de energía, infraestructura y desarrollo de plataforma de pago y seguimiento. A

esto se debe sumar un costo anual de operación y mantención, el cual se estima en $20.000.000 tomando como referencia el proyecto Bike Santiago.

Posible financiamiento:

Un modelo bastante usado de financiamiento en la implementación de este tipo de sistemas es a través de auspiciadores. En este caso se pueden establecer convenios con grandes empresas locales (Compañías mineras, bancos, distribuidores de energía eléctrica, etc.) para apoyar la inversión o parte de esta.

El sistema de cobro al usuario puede ser una alternativa para los gastos de mantención, sin embargo por lo elevados de estos sería necesario complementar con algún auspicio adicional o subsidio.

El usuario debe garantizar una fianza o seguro asociado al costo de las bicicletas además de un seguro para el ciclista. Una alternativa para esto es a través del cargo a una tarjeta bancaría.

El cobro a los residentes de la Comuna puede considerar planes mensuales o anuales, mientras que una alternativa para los turistas es con planes diarios o semanales.

8.4 Cooperativa Energética de Caldera

Descripción del Proyecto: la Cooperativa Energética de Caldera es un proyecto piloto que busca generar un marco legal para la asociatividad entre vecinos, bajo la Ley de Cooperativas, con el fin de por un lado bajar los costos de acceso a las tecnologías de energías renovables y posteriormente transformarse en una entidad capaz de gestionar sus excedentes de producción e inyectarlos al sistema eléctrico bajando sus costos.

Según los registros de la DECOOP (Departamento de Cooperativas del MINECON) en Chile existen aún escazas experiencias de cooperativas eléctricas que se hayan formado al alero de la Ley de Netbilling, registrándose dos casos vigentes y uno en formación. Dentro de las experiencias vigentes se encuentran EnerCoop Aysén (Aysén) y Panul Eléctrico Coop (Coquimbo) con 49 y 17 socios respectivamente.

Las cooperativas son “Asociaciones que de conformidad con el principio de ayuda mutua tiene por objeto mejorar las condiciones de vida de sus socios, quienes tienen igualdad de derechos y obligaciones, y sólo responden hasta el monto de sus aportes.” (Fuente: DECOOP).

Por las redes propias de estas Cooperativas se observa que estas agrupaciones están orientadas a buscar modelos alternativos de Desarrollo Económico Local, por lo que el alcance de sus actividades incluyen temas de educación ambiental, eficiencia energética entre otras actividades que son complementarias a la producción de energía.

La constitución de una cooperativa en términos generales implica la siguiente secuencia de acciones: 1) Designación de un Comité Organizador, 2) Registro de futuros asociados, 3) Recolección de aportes iniciales para gastos de constitución, 4) Redacción del Estatuto, 5) Aprobación de Estatutos por parte de los asociados, 6) Escritura Pública.

El concepto de cooperativa implica una forma de organización en que tanto las utilidades, como los esfuerzos individuales son consideradas por la organización en una simetría en su distribución y valoración respectivamente. Esto implica que más allá de beneficios puntuales hay una decisión de un grupo humano que decide organizarse de manera diferente al modelo empresarial u otro tipo de organización y ese es una de las principales motivaciones del modelo cooperativo que viene desde el siglo XIX. Por lo que más allá de los beneficios económicos, el cooperativismo se presenta como un objetivo en sí mismo. Segundo, efectivamente existe un beneficio respecto a la compra asociativa y las economías de escala que se puedan generar, pero tampoco es posible aseverar la existencia de otros beneficios. Existen autores que han constatado mayor resiliencia de estos grupos ante los ciclos económicos negativos pero se carece de estudios acabados en esta materia.

El estudio de MINECON (2014) de "El Cooperativismo en Chile lo describe de la siguiente forma: "[…] el cooperativismo promueve iniciativas empresariales solidarias orientadas a la producción y distribución de bienes sociales, y lo segundo, porque entrega soluciones reales a problemas que no estaban siendo atendidos mediante otra forma de organización, ya sea en la adquisición de bienes de consumo a menores precios, en el acceso al crédito e incremento del ahorro, en soluciones habitacionales, en el acceso a servicios de salud, entre otros, permitiendo así, no sólo un crecimiento inclusivo y una distribución más equitativa de la riqueza, sino que también fomentando la profundización de la democracia económica y participación ciudadana." (http://www.aciamericas.coop/IMG/pdf/el-cooperativismo-en-chile.pdf)

Aporte a las metas

Este proyecto aporta a la meta de autoabastecer 20% del consumo eléctrico del segmento CPR de la comuna con energía solar fotovoltaica al año 2030. La producción anual de energía fotovoltaica dependerá de la escala que se logre con la cooperativa, tamaños de los sistemas solares instalados, y funcionamiento del modelo. En el corto plazo el objetivo principal es identificar a los vecinos de Caldera interesados en formar parte de la cooperativa, analizar los requerimientos regulatorios y administrativos para formar ésta, y crear la cooperativa durante el 2016.

Actores involucrados:

Existen agrupaciones que por su asociatividad respecto a barrios o sectores específicos del territorio, que cuentan con una capacidad de articularse en el corto plazo para la conformación de cooperativas:

- Juntas de Vecinos
- Comités de Vivienda
- Agrupaciones Sociales locales (pescadores, comerciantes, etc.)

Entre otros actores relevantes se encuentran:

- Proveedores de sistemas y servicios de energía solar
- Emelat (Empresa distribuidora de electricidad en Caldera)

Financiamiento:

- Subsidio SERVIU para paneles y colectores solares. Actualmente los subsidios para paneles solares fotovoltaicos y colectores solares (50UF y 55UF) operan para viviendas que puedan acogerse al D.S. 255 (Título II) que regula el PPPF, orientado a viviendas de carácter social, urbanas y rurales, que no superen la tasación comercial de 650UF.
- Aportes privados: La existencia de grandes empresas en la comuna de Caldera como Candelaria y CAP, y el trabajo sostenido que mantienen estas empresas con las comunidades locales y el municipio permiten vislumbrar posibles alianzas.[37]
- Subsidios: Tras los aluviones del 25M se realizó un llamado a postulación extraordinaria del Programa de Protección al Patrimonio Familiar (PPPF) del MINVU, donde si bien no existe un beneficio directo para la comuna de Caldera en cuanto a la asignación de subsidios en este llamado extraordinario, se ha generado una oferta regional de proveedores que actualmente puede permitir la implementación de cooperativas solares con precios bajos. También es posible planificar la postulación de viviendas para aprovechar estos beneficios durante llamados regulares del Ministerio para la comuna de Caldera.

Costo estimado:

- Los costos de constitución de las cooperativas son variables, pero en general son bajos por cuanto la declaración de capital se prorratea entre los socios y en el tiempo de vigencia de la Cooperativa declarado, que puede ser indefinido. A modo de ejemplo según la constitución del Diario Oficial (03-03-2015) de Panul Eléctrico Coop el capital social inicial suscrito es de $41.661.300 pesos, dividido en 416.613 cuotas de participación, de un valor inicial de $100 pesos cada una, que los socios enteraron en el haber social.

- Según las cotizaciones observadas en el marco de los subsidios para la instalación de Paneles Fotovoltaicos y Colectores Solares del SERVIU Atacama, se observa que los proveedores e instaladores pueden bajar en el orden un 33% los costos para ambos sistemas cuándo existen volúmenes de instalación como los que pretende una cooperativa.

[37] Agencias de innovación locales ya están planteando proyectos de ERNC para comunidades con apoyo de empresas mineras.

8.5 Techo 30+ Caldera

Descripción del Proyecto: Techo 30+ es un proyecto de agregación de demanda por energía solar fotovoltaica para el sector residencial y/o comercial de Caldera. Los objetivos principales son conseguir economías de escala por el hecho de comprar sistemas fotovoltaicos de manera asociativa, y así bajar los costos finales para el consumidor. Además, se busca generar confianza en la comunidad de Caldera respecto al funcionamiento de la energía solar fotovoltaica, y y transparentar los costos reales de ésta.

Este modelo está siendo implementado en el sector residencial de la comuna de Vitacura, en donde se alcanzó un precio 30% más bajo que el promedio de mercado por sistemas fotovoltaicos de pequeña escala. Techo 30+ Caldera es una iniciativa que impulsará la instalación de paneles solares fotovoltaicos en al menos 30 techos residenciales y/o comerciales de la comuna de Caldera. El proceso consiste en desarrollar una licitación privada de sistemas solares fotovoltaicos, la cual es administrada por una entidad independiente y experta que actúa como intermediador entre la oferta y demanda por energía solar. Esta entidad lleva adelante una licitación privada, en la que las empresas proveedoras de energía solar participan y ofertan sus productos y servicios solares. Una empresa es seleccionada, de acuerdo a criterios económicos y técnicos, para implementar todos los techos de manera simultánea.

Aporte a las metas

Este proyecto aporta a la meta de autoabastecer 20% del consumo eléctrico del segmento CPR de la comuna con energía solar fotovoltaica al año 2030. Asumiendo un proyecto Techo 30+ en el que se instalen en promedio sistemas solares fotovoltaicos de 1,5kW por vivienda, con una producción anual por sistema de aproximadamente 1.500 kwh por año, se alcanzaría una producción de energía solar fotovoltaica de entre 57 y 70 MWh anualmente en Caldera.

Actores involucrados:

- Sector residencial de Caldera a través de las juntas de vecinos
- Ilustre Municipalidad de Caldera
- Asociación de Turismo (hoteles, hostales y restaurants)
- Actor independiente que administre la licitación y actúe de interlocutor entre los residentes y las empresas proveedoras de tecnología solar

Financiamiento:

- Fuentes de financiamiento propias de los vecinos (cash, crédito bancario)
- Alternativas de financiamiento (tipo leasing) ofrecida por algunas empresas solares
- Fondos municipales

Costo estimado:

El costo estimado del programa Techo 30+ dependerá principalmente de los precios de tecnología fotovoltaica que sean alcanzados en el proceso de licitación. En el caso de Vitacura, se alcanzaron precios 30% más bajos que el promedio de mercado visto en Chile en el último tiempo. Asumiendo un costo de US$ 2,5 por watt instalado y un total de 30 sistemas residencial de 1,5kW de potencia, el costo total alcanzaría los $79 millones. Sin embargo, si consideramos una reducción de 25% en el precio como resultado del proceso de licitación, el costo total del programa para 30 viviendas sería de $60 millones, convirtiéndose en una alternativa interesante para el usuario final.

8.6 Aporte a las Metas

La cartera de 5 proyectos que completan esta primera fase del Plan de Acción de la Estrategia Energética de Caldera aporta directamente al cumplimiento de las metas establecidas. En la siguiente tabla, se presentan los proyectos y su respectivo aporte a las metas establecidas.

Proyecto	**Meta**	**Contribución a la meta**
Escuelas Solares	3 escuelas solares en los próximos 2 años; 20% demanda eléctrica CPR abastecida con energía solar al 2030	3 escuelas solares en Caldera a fines de 2017. + de 1.000 alumnos sensibilizados con lo que es la energía solar.
E-bike Caldera	20% demanda eléctrica CPR abastecida con energía solar al 2030	Adicionalmente a la meta concreta de abastecimiento de electricidad con el recurso solar, el proyecto E-bike fomentará el transporte limpio y el ejercicio, tanto de residentes como de los turistas que cada año visitan la comuna de Caldera.
Iluminación residencial eficiente	Reducción de un 20% de la demanda eléctrica del segmento CPR al 2030	El aporte concreto a la meta de reducción de consumo de electricidad dependerá de la escala que se le logre dar a este programa. El recambio

		completo de ampolletas en una residencia de Caldera generaría ahorros de 296 kWh por año. Pensando en que la etapa inicial de este proyecto involucra a 20 residencias, los ahorros generados serían de 5,9 MWh por año.
Cooperativa Energética de Caldera	Desarrollo de una cooperativa energética; 20% demanda eléctrica CPR abastecida con energía solar al 2030	La contribución a la meta de generación de energía fotovoltaica dependerá de la cantidad de personas (naturales o jurídicas) que participen de la cooperativa. Una vivienda en Caldera que instale un sistema solar PV de 1,5 kW de potencia, generaría aproximadamente 1.500 kWh por año.
Techo 30+ Caldera	20% demanda eléctrica CPR abastecida con energía solar al 2030	Techo 30+ Caldera aporta directamente a la meta de abastecer el 20% de los consumos eléctricos del segmento CPR con energía fotovoltaica. La instalación de 30 sistemas solares residenciales generaría aproximadamente 45 MWh por año.

9 Presentación de la Estrategia Energética al Concejo Municipal y presentación oficial a la comunidad local

En el mes de noviembre se cumplió con el hito de presentar la estrategia energética desarrollada al Concejo Municipal, en una sesión sostenida en la Municipalidad de Caldera. La EEL fue presentada a la Alcaldesa, Concejales, y personal municipal que atendió a la sesión. La presentación fue realizada por el jefe de proyecto de Fundación Chile, con el apoyo de los consultores locales y las contrapartes oficiales de la Secretaría de Planificación del Municipio. A continuación se presenta una foto de la actividad realizada ese día.

Ilustración 47: Presentación de la EEL al Concejo Municipal.

Como hito final del desarrollo de la Estrategia Energética Local de la comuna de Caldera, el día 12 de diciembre en la mañana se realizó la presentación oficial de la estrategia a vecinos y actores locales de la comuna. Esta presentación se realizó en la plaza de Caldera y contó con la presencia de la Alcaldesa de Caldera, el Seremi de Energía, la Seremi del Trabajo, Concejales, la encargada del programa de Estrategias Energéticas Locales del Ministerio de Energía, juntas de vecinos, y el gerente del puerto de CAP entre otros. Durante esta actividad, las siguientes personas realizaron presentaciones: Alcaldesa Patricia González; Seremi de Energía Rodolfo Guenchor; Líder de Políticas y Estrategias Energéticas de Fundación Chile Fernando Coz. El evento concluyó con un punto de prensa y luego un coctel en el que participaron todos los asistentes.

Anexos

9.1 Anexo A: Proyectos energéticos desarrollados en la región de Atacama en los últimos 5 años

PLANTA	Solar Llano de Llampos
PROPIETARIO	Solar Llano de Llampos
RAZON SOCIAL	Amanecer Solar SpA
PUESTA EN MARCHA	2014
COMUNA	Copiapó
TIPO	Solar
POTENCIA NETA MW	101
INFORMACION ADICIONAL	▪ Es la mayor central solar fotovoltaica de Latinoamérica y una de las más grandes del mundo. Abastecerá con 100 megavatios las minas de hierro de propiedad de CAP SA ▪ Construida de manera socialmente sustentable, es el resultado de un trabajo conjunto entre diversos actores sociales ▪ El complejo cuenta con más de 310.000 módulos solares fotovoltaicos y su capacidad total instalada es de 100MW, equivalente al consumo anual de 125.000 hogares en Chile. Representa el 10% de la meta de 1.000 MW de capacidad instalada adicional de generación ERNC fijada por el Gobierno de Chile para 2014.

PLANTA	Solar Hornitos
PROPIETARIO	Subsole Energías Renovables Ltda.
RAZON SOCIAL	Subsole Energías Renovables Ltda.
PUESTA EN MARCHA	2013
COMUNA	Tierra Amarilla
TIPO	Solar
POTENCIA NETA MW	0,3
INFORMACION ADICIONAL	▪ Primera planta fotovoltaica en Chile dedicada al desarrollo de la agricultura. Subsole, empresa exportadora de fruta, está levantando paneles solares que generarán hasta 1 Mw de energía para la extracción de agua de napas subterráneas que serán usadas para riego. El proyecto, actualmente único en su tipo, no solo permite cultivar fruta de exportación en el desierto más árido del mundo, sino también generar energía con una huella de carbono igual a cero. ▪ Inversión total que se aproxima a los US$ 3 millones ▪ En una primera etapa, los paneles fotovoltaicos serán capaces de generar 300 Kw. Al sumar dos etapas siguientes, la capacidad generadora podrá llegar hasta 1 Mw, energía suficiente como para abastecer a 600 hogares. Este nivel de generación de electricidad es tan alto, que la exportadora podrá vender excedentes a productores de fruta vecinos o a mineras cercanas. ▪ La construcción del parque solar contó con la asesoría de la Fundación Chile y el apoyo financiero del Banco Interamericano de Desarrollo (BID)

PLANTA	Solar Javiera
PROPIETARIO	Javiera
RAZON SOCIAL	Javiera SpA
PUESTA EN MARCHA	En Pruebas
COMUNA	Chañaral
TIPO	Solar
POTENCIA NETA MW	65
INFORMACION ADICIONAL	Javiera" suministrará energía por medio de un contrato de compraventa de energía a minera Los Pelambres, subsidiaria de Antofagasta Minerals. En 2016, cuando se sumen las plantas solares Javiera y Conejo, más de la mitad de la energía que usa Pelambres provendrá de ERNC

PLANTA	Solar San Andrés
PROPIETARIO	Solar San Andrés
RAZON SOCIAL	San Andrés SpA
PUESTA EN MARCHA	2014
COMUNA	Copiapó
TIPO	Solar
POTENCIA NETA MW	50,6
INFORMACION ADICIONAL	La planta está conectada al Sistema Interconectado Central (SIC) siendo la totalidad de su producción comercializada en el mercado spot, demostrándose así la ventaja competitiva de la energía solar fotovoltaica, sobre otras fuentes tradicionales de energía

PLANTA	Solar Santa Cecilia
PROPIETARIO	Solar Santa Cecilia
RAZON SOCIAL	Commonplace Energy S.A.
PUESTA EN MARCHA	2013
COMUNA	Vallenar
TIPO	Solar
POTENCIA NETA MW	2,9

PLANTA	Esperanza
PROPIETARIO	RTS Energy
RAZON SOCIAL	RTS Energia Limitada
PUESTA EN MARCHA	2013
COMUNA	Diego de Almagro
TIPO	Solar
POTENCIA NETA MW	2,9
INFORMACION ADICIONAL	"Esperanza" es una de las primeras en conectarse al Sistema Interconectado Central, abriendo el camino hacia las Energías Renovables No Convencionales.

PLANTA	Solar Las Terrazas
PROPIETARIO	EBCO
RAZON SOCIAL	EBCO Energía S.A
PUESTA EN MARCHA	2014
COMUNA	Tierra Amarilla
TIPO	Solar
POTENCIA NETA MW	3

PLANTA	Emelda
PROPIETARIO	Emelda S.A.
RAZON SOCIAL	Empresa Eléctrica Diego de Almagro S.A.
PUESTA EN MARCHA	2010
COMUNA	Diego de Almagro
TIPO	Petróleo Diesel
POTENCIA NETA MW	68,7
INFORMACION ADICIONAL	Desde 2013 que Emelda viene desarrollando en conjunto con Enel Power Green un proyecto solar denominado Almeida Solar, de 30 MW, el cual se conectará a la subestación de su planta eléctrica. Tras dicha iniciativa, fuentes cercanas a la generadora eléctrica señalan que no se descarta incursionar en iniciativas similares, como energía eólica o geotérmica

PLANTA	PV Salvador
PROPIETARIO	PV Salvador SpA
RAZON SOCIAL	PV Salvador SpA
PUESTA EN MARCHA	En Pruebas
COMUNA	Diego de Almagro
TIPO	Solar
POTENCIA NETA MW	68
INFORMACION ADICIONAL	▪ Es el parque solar que entrega más energía en el mundo a un sistema eléctrico central. ▪ Es el parque más grande, con operación spot. Es decir, la planta que mundialmente inyecta la mayor cantidad de energía al sistema eléctrico central de un país a partir de una rigurosa operación que es supervisada diariamente por 5 trabajadores. ▪ El parque solar cuenta con 161.280 módulos fotovoltaicos distribuidos sobre una superficie de 138 hectáreas. Durante su primer año de funcionamiento la planta será capaz de inyectar 200 GWh, que equivale al consumo aproximado de 70.000 hogares.

PLANTA	**El Salvador**
PROPIETARIO	SWC
RAZON SOCIAL	S.W. Consulting S.A.
PUESTA EN MARCHA	2010
COMUNA	Diego de Almagro
TIPO	Petróleo Diesel
POTENCIA NETA MW	23,7
Información adicional	La Superintendencia del Medio Ambiente (SMA) detectó incumplimientos en el marco de evaluación de cumplimiento para el año 2014 de la norma de emisión para centrales termoeléctricas y formuló cargos contra la empresa SW Consulting. En primera instancia los cargos se formularon por no entregar la información necesaria para acreditar el cumplimiento de la Norma de Emisión

PLANTA	Chañares
PROPIETARIO	Enel Green Power Chile y P.A.
RAZON SOCIAL	Enel Green Power Chile Ltda.
PUESTA EN MARCHA	En Pruebas
COMUNA	Diego de Almagro
TIPO	Solar
POTENCIA NETA MW	34,9
Información adicional	Cuenta con una capacidad de cerca de 40 MW, es capaz de generar hasta 94 GWh al año, equivalentes a las necesidades de consumo de unas 53.000 familias chilenas, evitando de este modo la emisión de más de 59.000 toneladas de CO2 a la atmósfera. La inversión total para la construcción de esta nueva planta ha sido de unos US$70 millones.