



# CAPITAL SOLAR

DIAGNÓSTICO ENERGÉTICO LOCAL  
ANTOFAGASTA



**CAPITAL SOLAR**  
**DIAGNÓSTICO ENERGÉTICO LOCAL**  
**ANTOFAGASTA**

Autores:



Ernst **Basler** + **Partner**

Apoyado por:



Embajada Británica  
Santiago

Organiza:



## ÍNDICE:

|   |    |
|---|----|
| PRÓLOGO: ARTURO MOLINA, SEREMI DE ENERGÍA ANTOFAGASTA               | 07 |
| PRÓLOGO: KAREN ROJO VENEGAS, ALCALDESA DE ANTOFAGASTA               | 08 |
| PRÓLOGO: ALEJANDRO GUTIÉRREZ, SECRETARIO EJECUTIVO CREO ANTOFAGASTA | 09 |
| PRESENTACIÓN  | 11 |
| PROCESO DE ELABORACIÓN  | 12 |
| INTRODUCCIÓN  | 13 |
| IMPACTOS Y BENEFICIOS ESPERADOS                                     | 14 |
| DEFINICIÓN DE LÍMITES DE LA ESTRATEGIA                              | 15 |
| DEMANDA ENERGÉTICA  | 16 |
| PROYECCIÓN DE CONSUMO 2030  | 21 |
| POTENCIAL DE ERNC   | 23 |
| LISTADO DE PROYECTOS  | 30 |
| PALABRAS AL CIERRE  | 41 |



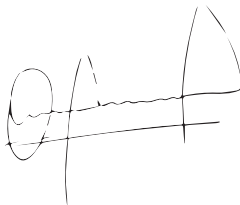
## PRÓLOGO

Hoy Antofagasta se posiciona como una ciudad pujante, motor de la economía nacional y líder en materia energética. Para mantener el progreso y el avance que ha alcanzado en los últimos años, es necesario el desarrollo energético, tanto desde el punto de vista de la generación energética como desde el punto de vista de la eficiencia en el consumo energético.

La generación y el abastecimiento energético tiene muchas aristas, que incluyen: el componente de generación eléctrica así como el abastecimiento con combustibles, la generación desde la red centralizada, el Sistema Interconectado Norte Grande (SING), o la generación en base a autoabastecimiento, generación con o sin participación de actores locales, entre muchas otras. Y el consumo por su parte implica acción de todos los actores, públicos, privados, residenciales y productivos. Conscientes de esta multiplicidad de actores que participan en la generación y el consumo energético, queremos asegurar que tanto el municipio como la comunidad se sientan realmente partícipes de este sector. Así lo mencionamos también en nuestra Agenda de Energía.

Es por esta razón, que el Ministerio de Energía considera relevante y oportuno el esfuerzo realizado por CREO Antofagasta junto a la Universidad de Antofagasta y Fundación Chile para el desarrollo de un Diagnóstico Energético Local para la ciudad de Antofagasta, en el contexto del Plan Maestro Urbano de Creio Antofagasta. Esto corresponde a un programa voluntario que apoya a la ciudad para potenciar la utilización de recursos energéticos locales y la eficiencia en el uso de la energía, lo que mejoraría la calidad de vida de sus vecinos, involucrándolos en un proceso participativo. Es decir, este diagnóstico constituye un primer impulso a la acción local, entregando de manera práctica y detallada los pasos y elementos claves para un desarrollo exitoso.

Como Ministerio estamos convencidos del impacto positivo de estos procesos y apoyamos la iniciativa. Hoy destinamos recursos para que este diagnóstico inicial cuente con una validación social y pueda ser consolidado para convertirse en una Estrategia Energética Local liderada por el Municipio de Antofagasta. En este escenario, Antofagasta sería una comuna pionera, impulsándola a convertirse en una ciudad responsable y eficiente en el consumo de la energía.



Arturo Molina  
SEREMI de Energía Antofagasta

## PRÓLOGO

Nuestra querida ciudad de Antofagasta hoy enfrenta múltiples desafíos y oportunidades. El notable crecimiento económico que hemos tenido ha traído mejores estándares de vida para nuestros ciudadanos y mejores accesos a diversos servicios que hace algunos años no teníamos, sin embargo, todavía quedan temas pendientes que resolver para que este crecimiento llegue a todos, sin exclusión.

Esto sin duda se convierte en una invitación a seguir trabajando para que todos los ciudadanos y todos los rincones de la ciudad sean beneficiados, tomando en cuenta el actual escenario que vive Antofagasta y que genera importantes desafíos, tales como la creciente demanda por energía. Por ejemplo, esperamos que el parque de viviendas suba desde 100 mil que se contempla hasta la fecha a 150 mil al año 2030. Del mismo modo, entrará en funcionamiento la planta desaladora para el sector sur en el año 2017, aumentando significativamente el requerimiento energético.

Con esta información queda preguntarse: ¿cómo nos preparamos como ciudad para este gran aumento en el consumo energético? Hoy presentamos el diagnóstico energético y un plan de acción que nos permite responder esta pregunta.

Hemos identificado los principales consumos y proyecciones, junto con un análisis de los recursos disponibles de manera natural en la ciudad. Antofagasta presenta condiciones privilegiadas para el desarrollo de instalaciones y tecnologías solares. Estas tecnologías incentivan una mayor participación ciudadana en el futuro energético de la ciudad, permitiendo hacer un aporte real a la creciente presión del cambio climático.

Soñamos con un Antofagasta del futuro. Un Antofagasta que aprovecha sus condiciones únicas, amigable con el medioambiente, con nuestras familias, soñamos con una Antofagasta sostenible e innovadora que nos garantice una mejora calidad de vida para todos sus habitantes.

Karen Rojo Venegas  
Alcaldesa de Antofagasta

## PRÓLOGO

En el contexto del Plan CREO Antofagasta, identificamos la posibilidad de elaborar una Estrategia Energética Local para la ciudad. Hemos apoyado junto al Fondo de la Prosperidad del Gobierno Británico la elaboración del diagnóstico energético de la ciudad de Antofagasta, y un plan de acción. Nos parece una excelente noticia que ahora, junto al Ministerio de Energía y la Municipalidad de Antofagasta podamos identificar iniciativas clave y validar con la comunidad lo ya avanzado, de manera de tener una Estrategia Energética Local robusta y que posicione a nuestra ciudad como un polo de desarrollo de energías renovables.

En este contexto hemos identificado múltiples desafíos pero hay dos que son muy relevantes para potenciar el desarrollo sustentable de nuestra ciudad: diversificar las actividades económicas y aumentar la penetración de la energía solar a nivel urbano. Ambos desafíos hoy se convierten en una gran oportunidad.

Las condiciones favorables de radiación solar, la creciente demanda por energía, el equipamiento y la infraestructura de nuestra ciudad nos permiten hoy pensar que podríamos ser la puerta de entrada de la energía solar para Chile. Junto con lo anterior, los centros de investigación de nuestra ciudad como la Universidad de Antofagasta y la Universidad Católica del Norte se posicionan como líderes en la temática. Esto ha desencadenado una serie de proyectos de investigación en torno a la ciudad, generando conocimiento y experiencia en las distintas tecnologías solares. Es hoy responsabilidad de todos los ciudadanos el poder capitalizar esta gran ventaja y transformar este anhelo en una realidad.

Este diagnóstico nos ayuda a entender la situación energética de la ciudad para enfrentar los desafíos y aprovechar las oportunidades. Para esto se han desarrollado metas claras y priorizado proyectos concretos de manera participativa. Estamos orgullosos de lo logrado hasta el momento y esperamos poder consolidar este trabajo y contar con una amplia participación social. La invitación, como todos los procesos impulsados por CREO Antofagasta, está dirigida a toda la ciudadanía, para que se involucren, conozcan y participen en esta estrategia no sólo para alcanzar las metas propuestas, sino que para transformar la ciudad de Antofagasta y, por qué no, convertirnos en un polo solar en Chile y Latinoamérica.

Alejandro Gutiérrez  
Secretario Ejecutivo  
CREO Antofagasta



## PRESENTACIÓN

### ¿Qué es una EEL?

La Estrategia Energética Local (EEL) es una herramienta que sirve para que los municipios o ciudades puedan analizar el escenario energético, y estimar el potencial de energía renovable y eficiencia energética que se puede aprovechar en su territorio, definiendo una visión energética e involucrando de forma activa a la comunidad en el desarrollo energético de la comuna.

Este instrumento permite, a las distintas autoridades locales, tomar decisiones sobre la base de datos concretos de la realidad energética de sus territorios, promoviendo una mayor eficiencia energética y el uso de las energías renovables en el corto, mediano y largo plazo.

La implementación de este tipo de estrategias permite sensibilizar e involucrar más a la ciudadanía en cuanto al proceso de desarrollo energético en las comunas o ciudades en que residen. En ese sentido, las Estrategias Energéticas Locales fomentan la participación de la ciudadanía en la adopción de una cultura de generación energética descentralizada, potenciando la eficiencia energética y la incorporación de los recursos energéticos del territorio en el modelo de desarrollo.

### ¿A quién está dirigido este Resumen de la Estrategia Energética Local?

El presente documento es un resumen del trabajo realizado durante los años 2014 y 2015 en la ciudad de Antofagasta para desarrollar una EEL. La estrategia está dirigida a todo ciudadano o persona relacionada con la ciudad ya sea vecino, autoridad o bien sólo una persona que visita por negocios o turismo. Además, fue diseñada para potenciar el involucramiento de la comunidad comercial, pública, residencial e Industrial en el desarrollo energético de la comuna. A través de un lenguaje simplificado y esquemático se busca destacar las principales ventajas de los recursos que Antofagasta dispone en el sector energético.

## PROCESO DE ELABORACIÓN

El inicio del proceso se generó en un contexto prometedor, dado que Las Estrategias Energéticas Locales han sido definidas por el Ministerio de Energía como un área prioritaria durante el año 2015.

El primer paso para la construcción de esta estrategia fue dado por CREO Antofagasta, convirtiéndola en la primera ciudad de Chile en realizar un proceso de este tipo. El diagnóstico contempló, entre otras actividades, una serie de entrevistas con actores locales para determinar la oferta y demanda de energía de la ciudad. A partir de esta base, más la utilización de información estadística pública, se realizó una proyección del consumo energético de la ciudad al año 2030. Paralelamente, se realizó un análisis de posibles medidas de eficiencia energética y el potencial de generación con energías renovables, considerando el potencial solar, eólico, geotérmico y de biomasa. Finalmente, se definió en conjunto con actores claves una visión para la ciudad, además de metas claras y medibles.

Una vez realizado el diagnóstico, con el apoyo del Fondo de la Prosperidad de la Embajada Británica, se desarrolló un proceso participativo para identificar posibles proyectos a implementar en la ciudad de Antofagasta, que permitieran constituirse en un aporte real a las metas propuestas para la ciudad. Para ello se entrevistaron a una serie de actores locales y regionales. Luego se desarrolló un taller participativo, donde se priorizaron los proyectos de mayor impacto que ayudarán a la ciudad a alcanzar las metas propuestas. Finalmente, se identificaron interesados y posibles modelos de implementación, lo cual permitió diseñar un plan de acción para la ciudad.

## INTRODUCCIÓN

Antofagasta presenta numerosos desafíos respecto de su situación energética: es altamente dependiente del abastecimiento de centrales termoeléctricas, está teniendo una fuerte expansión y un aumento en su población, existe una baja participación de la ciudadanía en el desarrollo energético de la ciudad y no se observa un alto desarrollo de proyectos ERNC. Sin embargo, el potencial para la implementación de proyectos de energía en la ciudad es enorme. Por esto, resulta fundamental aprovechar esta particularidad que presenta la ciudad para diseñar e implementar desarrollos que aborden los desafíos anteriormente identificados y los conviertan en una oportunidad.

En esta línea, CREO Antofagasta, con el apoyo de la Universidad de Antofagasta, Fundación Chile y Ernst Basler + Partner, desarrollaron un estudio que busca comprender con mayor detalle las particularidades de la ciudad y a partir de esto proponer de manera participativa una visión, metas y un plan de acción. El presente documento contiene un resumen de las principales conclusiones del proceso con la intención de difundir entre los vecinos y autoridades la información generada.

La participación de la ciudadanía, la Eficiencia Energética y las Energías Renovables no Convencionales (ERNC) se encuentran en el centro de este estudio. Las grandes ventajas de la ciudad se encuentran principalmente en energía solar y es por esto que las conclusiones se alinean con esta tremenda oportunidad.

## IMPACTOS Y BENEFICIOS ESPERADOS

Uno de los principales objetivos de la presente estrategia y plan de acción es generar un impacto positivo a corto y largo plazo en la ciudad, basándose en experiencias similares. A nivel internacional se ha observado que los avances en las distintas tecnologías y el alza sostenida de los precios de la electricidad y combustibles ha fomentado una **mayor participación de la ciudadanía y modelos innovadores.**

Los beneficios en estas áreas son múltiples:

A nivel social, los impactos identificados y esperados son:

- Un cambio de conducta y en el comportamiento de la población de Antofagasta en el tema energético por medio de la sensibilización y capacitación.
- Mayor cohesión entre los distintos actores de la ciudad de Antofagasta incluido el sector comercial, público, residencial e industrial.
- Una descentralización del sistema energético sobre la base de los recursos naturales de Antofagasta, fomentando la participación e involucramiento de los actores locales. Esto es un mayor número de actores generando su propia energía e inyectando al sistema.
- Un municipio involucrado en la promoción de un alto estándar de calidad de vida para sus habitantes.

A nivel ambiental, los impactos esperados son los siguientes:

- Mejor calidad del aire en la ciudad al disminuir el consumo de diésel.
- Mitigación de las emisiones de gases efecto invernadero (CO<sub>2</sub>e) por la reducción del consumo de combustibles fósiles, debido al impulso de las energías renovables y la eficiencia energética.

A nivel económico los impactos esperados son:

- Mayor dinamismo económico al diversificar los ingresos y fomentar la creación de nuevas empresas e inversión de empresas de otros territorios en la ciudad.
- Estabilización de los precios de la energía al tener una mayor participación de las energías renovables sobre la base de fuentes locales.
- Ahorros a nivel comercial, público y residencial como también industrial por aplicación de medidas de eficiencia energética e incorporación de nuevas tecnologías de generación.

- Modelos de participación entre la municipalidad, vecinos y/o empresas generadoras para generar beneficios a través de modelos de valor compartido.
- Mayores ingresos para la comuna a través del pago de impuestos por nuevas empresas que se desarrollen dentro del territorio.

## DEFINICIÓN DE LÍMITES DE LA ESTRATEGIA

Uno de los primeros pasos para realizar una Estrategia es definir el límite geográfico para su aplicación. En este caso, el sector definido para incluir dentro de esta estrategia fue la ciudad de Antofagasta, con su respectivo perímetro urbano. Además, se incluyen en el análisis los siguientes sectores aledaños a la ciudad:

- Desarrollos inmobiliarios cercanos al sector de La Chimba.
- Centro Industrial y Empresarial La Negra.
- Puerto Coloso.



Ilustración 1: Ilustración de la ciudad de Antofagasta - perímetro de estudio.

## DEMANDA ENERGÉTICA

La demanda de electricidad de la ciudad de Antofagasta la ejercen principalmente tres sectores: comercial, residencial, público e industrial. El primer grupo lo componen todas las viviendas de la ciudad de Antofagasta, incluyendo casas y departamentos. El segundo está compuesto por la infraestructura asociada a los servicios públicos de la ciudad: oficinas municipales, intendencia, servicios regionales gubernamentales, hospitales públicos, establecimientos educacionales municipales y alumbrado público. El último grupo lo componen todos los servicios privados, comerciales e industria local que se encuentre dentro del perímetro geográfico de la ciudad.

De acuerdo a información obtenida en el diagnóstico energético, se observa que la distribución del consumo eléctrico de la ciudad de Antofagasta, está concentrada principalmente en el sector industrial, seguido del sector residencial, comercial y finalmente del sector público.

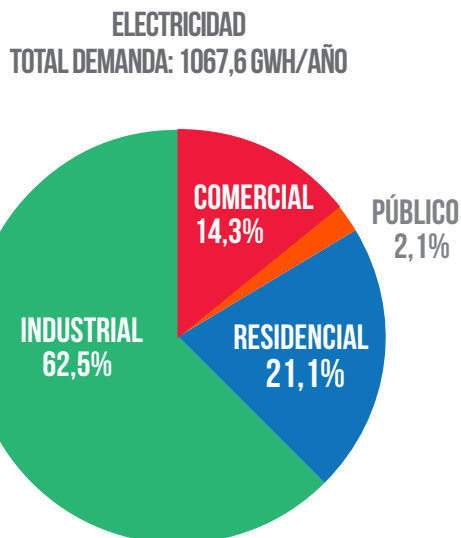


Ilustración 2: Distribución del consumo eléctrico en la ciudad de Antofagasta.

## Sector Residencial

La demanda eléctrica total en el sector Residencial se ha ido incrementando fuertemente entre los años 2007 y 2011, con un incremento que fluctúa entre 1 y 5% anual. Este fuerte crecimiento se explica en gran parte por el gran incremento del 29% en el número de viviendas en la ciudad desde el año 2002 a 2012. Actualmente, se cuenta con la presencia de un gran número de inmobiliarias y empresas constructoras. En promedio, una vivienda de la ciudad de Antofagasta tiene un consumo anual de energía eléctrica más alto que el promedio nacional y que el promedio por vivienda de la zona central del país.

El consumo eléctrico residencial está dividido entre distintos aparatos eléctricos. Aquellos que más consumen son el refrigerador (32,6%), los televisores (15,5%) y la iluminación (13,9%). Importante destacar también el consumo de aparatos en "Stand-by" (10,4%).

## USOS FINALES DE ENERGÍA ELÉCTRICA EN VIVIENDAS DE ANTOFAGASTA

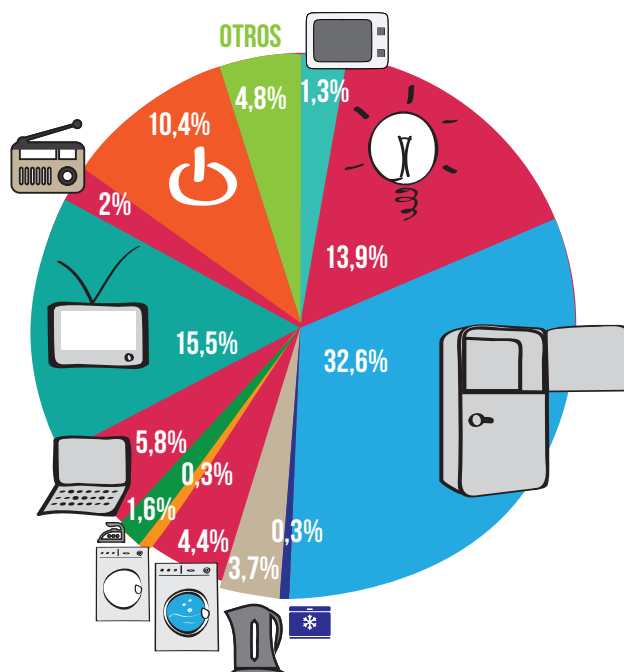


Ilustración 3: Distribución del consumo eléctrico en la ciudad de Antofagasta.

Es importante destacar que el consumo de electricidad a nivel residencial está sobre el promedio, pero todavía lejos de comunas más acomodadas del país o países desarrollados.

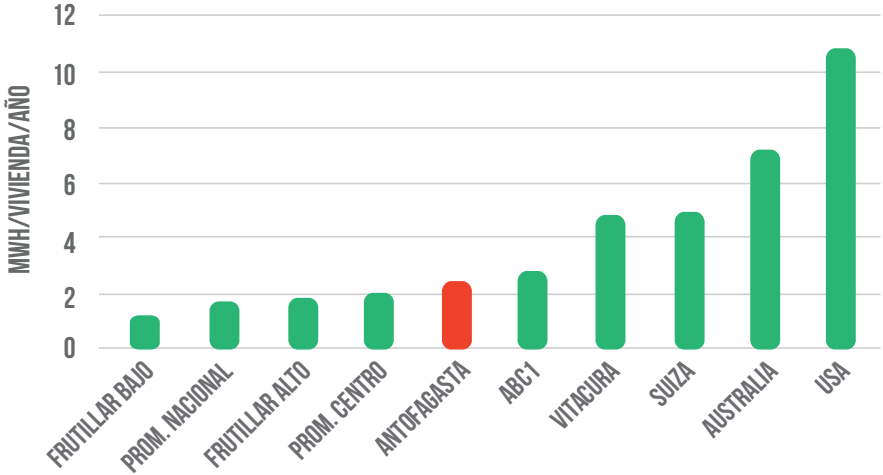


Ilustración 4: Consumo eléctrico por vivienda.

**Sector Público**

A nivel país, el Sector Público ha tenido históricamente un consumo de energía menor a otros sectores económicos. A pesar de lo anterior, el consumo eléctrico histórico de la categoría en la ciudad de Antofagasta ha crecido en torno a un 5,5% promedio anual entre los años 2007 y 2011. El 70% del consumo eléctrico para el sector está asociado al alumbrado público de la ciudad.

**Sector Comercial**

La mayor parte de los establecimientos relacionados al comercio de la ciudad de Antofagasta constituyen el Sector Comercial. Aquí se encuentran supermercados, centros comerciales, clínicas, bancos, comercio menor, hoteles y restaurantes, entre otros. Este sector se encuentra fuertemente ligado al crecimiento económico y demográfico que experimenta el país, la región y particularmente la ciudad de Antofagasta. En gran medida, esto explica el aumento del consumo eléctrico de este sector a tasas cercanas al 6%. A continuación se describen los dos principales establecimientos en cuanto a consumo eléctrico.

### Centros Comerciales

Los dos principales Centros Comerciales de la ciudad de Antofagasta corresponden al Mall Antofagasta Shopping y al Mall Plaza Antofagasta. Ambos corresponden a un gran polo de atracción de la población de la ciudad y tienen infraestructura intensiva en el uso de la energía eléctrica, especialmente para iluminación y climatización.

### Supermercados

Otros consumidores importantes de energía eléctrica corresponden a los grandes supermercados que se encuentran en la ciudad, asociados a las grandes cadenas existentes en el país. En cuanto a los usos finales de la energía eléctrica en un supermercado, el ítem de iluminación es el más intensivo, seguido de la refrigeración y la climatización.

### Sector Industrial

El sector tradicional para la industria en Antofagasta está emplazado al norte del centro histórico. Sin embargo, a partir del desarrollo de la ciudad y de sus actividades se configuraron también otros sub-centros industriales, todos estrechamente vinculados a los servicios para la minería. En referencia al año 2007, el crecimiento sostenido del consumo de electricidad hasta el año 2011 aumentó un 12,9%, impulsado principalmente por el incremento de los consumos eléctricos de las principales industrias.

## OFERTA ENERGÍA

El Sistema Interconectado Norte Grande (SING) es la matriz de generación eléctrica que abastece la zona norte del país, desde Arica y Parinacota por el norte hasta la localidad de Coloso en el límite sur de Antofagasta, abarcando de esta manera a la ciudad de Antofagasta y sus áreas industriales cercanas. En el SING, la principal fuente de energía es de origen térmica y utiliza como energía primaria: carbón, gas natural licuado (GNL), diésel y fuel oil.

## CAPACIDAD INSTALADA SING AL 2013

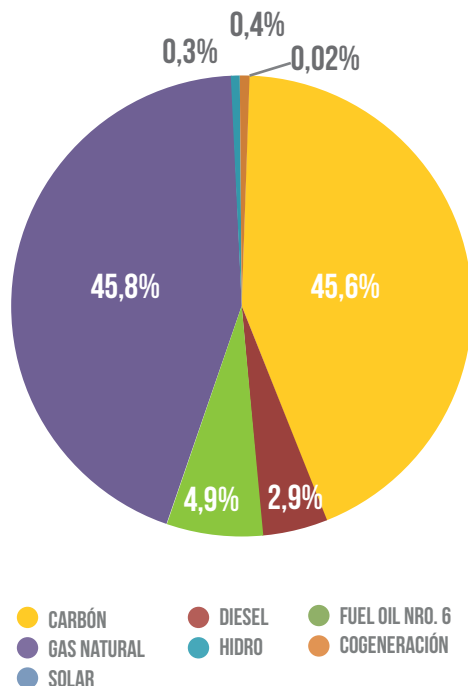


Ilustración 5: Capacidad instalada SING al 2013

## GENERACIÓN BRUTA DEL SING AL 2013

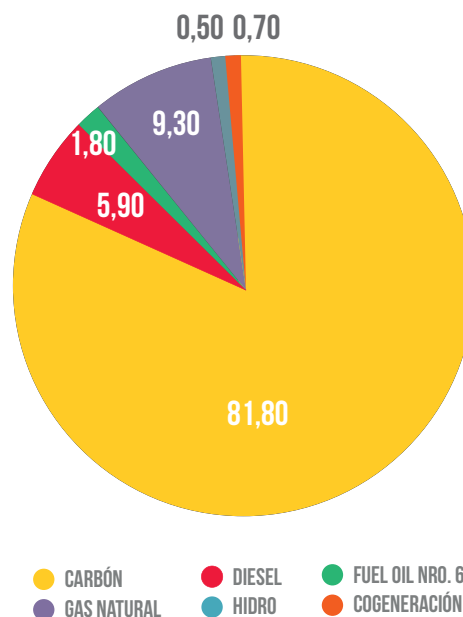


Ilustración 6: Generación bruta del SING al 2013

En la ilustración 5, de la capacidad instalada en el SING, se aprecia que las tecnologías que dominan el mercado en término de capacidad instalada son el GNL y carbón. No obstante, la ilustración 6, de generación bruta del SING, muestra que el carbón es la principal fuente energética utilizada en la producción de energía eléctrica. Esto ocurre por el hecho de que el precio del carbón actualmente es el energético más barato y que existen limitaciones en la capacidad del terminal de gasificación de Mejillones. Este escenario podrá cambiar en los próximos años, ante la inauguración de la segunda fase de ampliación del terminal GNL Mejillones, la cual ha aumentado su capacidad de almacenamiento. A esto se sumará la entrada en operación de la planta Kelar planificada para el año 2016.

## PROYECCIÓN DE CONSUMO 2030

Sobre la base de la información que se levantó en una serie de entrevistas con Elecda y otros actores de la ciudad, combinado con una serie de estadísticas relacionadas a la ciudad, se proyectó el consumo de la ciudad. Los resultados de la proyección del consumo eléctrico para la ciudad de Antofagasta muestran que el consumo eléctrico prácticamente se duplicará al año 2030.

| Sector      | Consumo 2013 (MWh) | Consumo 2030 (MWh) | Crecimiento (%) |
|-------------|--------------------|--------------------|-----------------|
| Comercial   | 152,946            | 355,477            | 132%            |
| Público     | 22,647             | 43,393             | 92%             |
| Residencial | 225,707            | 477,239            | 111%            |
| Industrial  | 667,164            | 1,183,486          | 77%             |

### Sector Industrial

Al año 2030, el sector Industrial seguirá siendo predominante en términos de consumo, aunque habrá un fuerte crecimiento de los sectores residencial y comercial. El gran aumento de energía que se observa a partir del año 2017 (ilustración n°7) corresponde a la entrada en operación de una nueva planta de desalinización para agua potable en la ciudad de Antofagasta.

### Sector Residencial

El ámbito del sector Residencial de la ciudad de Antofagasta experimentará un crecimiento sostenido, entre 2 y 6% anual en su consumo eléctrico, debido a dos factores: (i) aumento en el parque de viviendas y (ii) aumento en la tenencia y uso de artefactos eléctricos, debido a un mayor ingreso per cápita de la ciudad. Este aumento en la tenencia y uso de artefactos altamente consumidores de electricidad elevará los requerimientos energéticos de las viviendas nuevas y existentes.

### Sector Comercial

El consumo eléctrico del sector Comercial presentará un importante crecimiento de aquí al 2030, con un incremento anual entre 4 y 7%, llegando prácticamente a duplicar la demanda de electricidad al año 2026. Esto se explica por la fuerte expansión que tendrá este sector a medida que se eleve el ingreso de la región y específicamente de la ciudad. Esto se explica por una mayor instalación de infraestructura del sector comercial y por una mejora en la calidad de servicio de las instalaciones, las que gatillan un aumento en la tenencia de artefactos consumidores de electricidad en climatización e iluminación.

### Sector Público

El consumo eléctrico del sector Público, también experimenta un crecimiento de aquí al año 2030, duplicándose la demanda. En este sector, el aumento se deberá principalmente a una mejora en el confort de las instalaciones existentes y a un incremento de la iluminación pública, asociada a la expansión de la ciudad (desarrollos inmobiliarios, nuevos parques, mobiliario urbano, entre otros).

A continuación se resume la tendencia en la ilustración n°7.

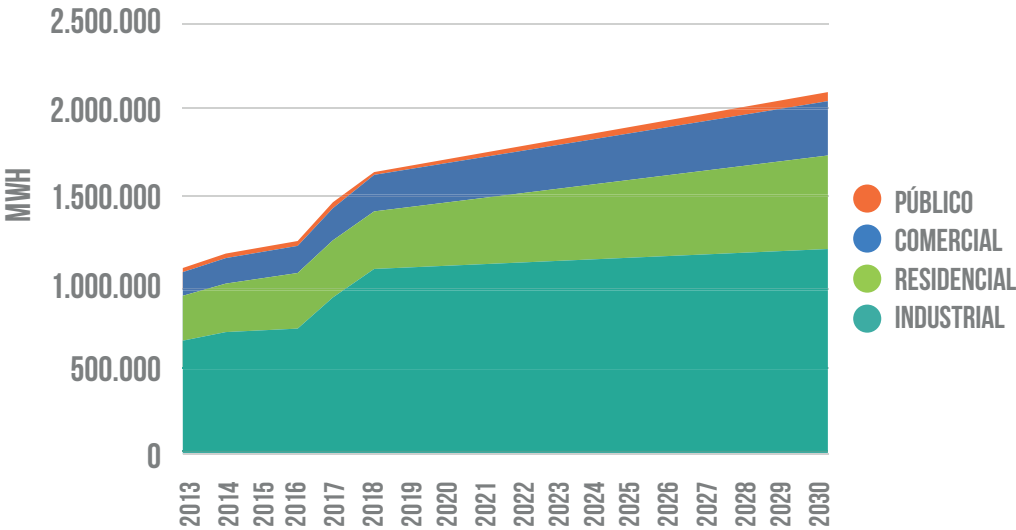


Ilustración 7: Capacidad instalada SING al 2013

## POTENCIAL DE ERNC

El potencial de Energías Renovables No Convencionales (ERNC) se determina sobre la base de los distintos recursos naturales de una zona de intervención que pueden ser convertidos en energía.

Según sea el tipo de recurso natural disponible, éste puede ser convertido en electricidad, energía térmica o bio-combustible. La siguiente figura muestra los distintos tipos de energía que se pueden generar a partir de los recursos renovables.

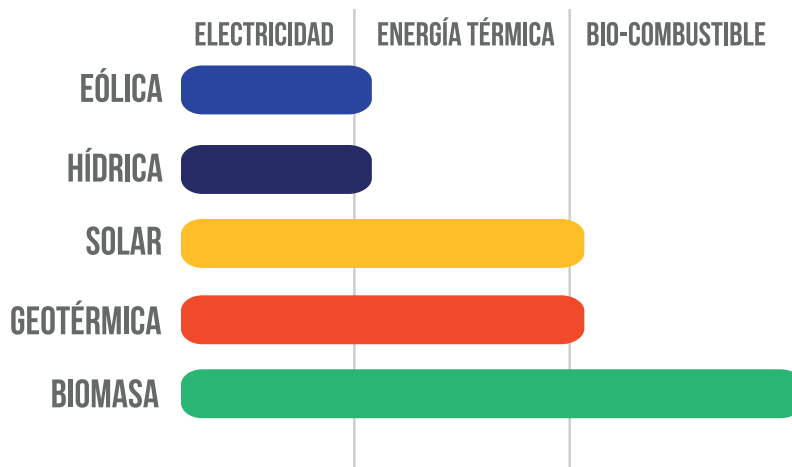


Ilustración 8: Uso de recursos naturales para la creación de energía

En el caso de la ciudad de Antofagasta, se realizó una análisis y evaluación del potencial de las distintas fuentes señaladas, de las cuales la única que cuenta con un potencial técnico significativo es la Energía Solar, producto de la alta radiación solar incidente en la zona norte del país. Si bien a lo largo de la costa de Chile existe un potencial de energía undimotriz (generada por el movimiento de las olas), su poca madurez tecnológica la vuelve inviable económicamente.

### Potencial de Energía Solar

Según datos de la Universidad de Chile, se tiene en la ciudad de Antofagasta (a una altura de 600 m sobre el nivel del mar) una irradiación anual equivalente de 2.200 [kWh/m<sup>2</sup> año], un valor alto en comparación a otras ciudades del mundo donde la energía solar es ampliamente explotada, como es el caso de Freiburg (conocida como la "Ciudad Solar" en Alemania).

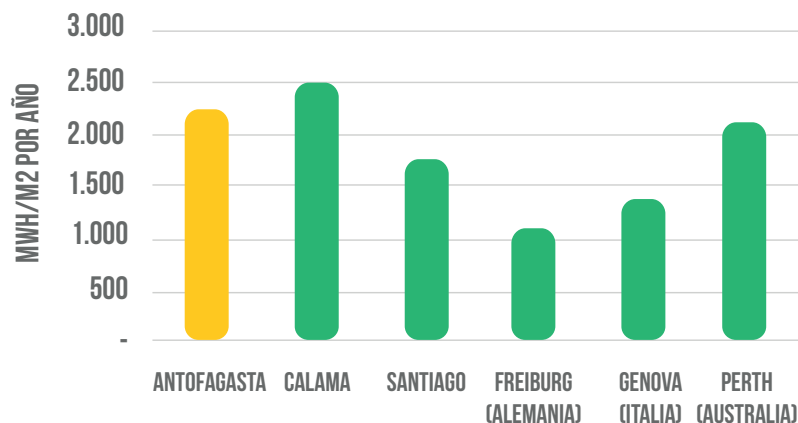


Ilustración 9: Radiación solar Antofagasta y otras ciudades.

El potencial de generación en base a energía solar ha sido calculado para dos tecnologías: para la generación de electricidad en base a celdas fotovoltaicas (PV) y para la generación de agua caliente sanitaria en base a sistemas solares térmicos (SST).

#### Potencial en base a Celdas Fotovoltáicas (PV)

Para estimar el potencial de generación de electricidad se consideró el potencial disponible para instalar celdas fotovoltaicas sobre los techos de la ciudad. En función de las características de techumbre de las edificaciones en Antofagasta, sólo un 20% cuenta con la capacidad estructural de soportar los paneles. De este porcentaje, aproximadamente la mitad tiene una orientación óptima para maximizar la generación.

De esta forma (considerando otros supuestos a nivel de metodología), se estima que el potencial de generación de electricidad sobre los techos de la ciudad de Antofagasta es de 470 [GWh] al año, lo que equivale al 45% de toda la demanda de la ciudad.

#### Potencial en base a Sistemas Solares Térmicos (SST)

Debido a las condiciones climáticas de la ciudad, prácticamente no existen requerimientos de energía térmica para la calefacción. Sin embargo, se requiere de energía térmica para el calentamiento de agua, principalmente en duchas. En Antofagasta existen aproximadamente 100.000 viviendas. Si se considera una penetración de sistemas solares del 50% y un aporte del sistema solar del 80% para una demanda de 160 litros/día, se obtiene que el potencial de energía térmica de la ciudad de Antofagasta es de 105 [GWh] al año.

### Visión

Como fue analizado en los capítulos anteriores, la ciudad de Antofagasta presenta numerosos desafíos y oportunidades. Uno de los principales desafíos será cubrir la creciente demanda de energía, la cual se pronostica que crecerá a más del doble al año 2030. Sin embargo, Antofagasta cuenta con un gran potencial en el recurso solar, superior al de la mayoría de las regiones de Chile e incluso superior al de muchos lugares del mundo en los cuales la energía solar ha tenido un fuerte desarrollo. Además, las tecnologías solares han tenido increíbles avances en los últimos años, reduciendo sus costos y transformándose en una alternativa competitiva. Antofagasta hoy tiene una gran oportunidad.

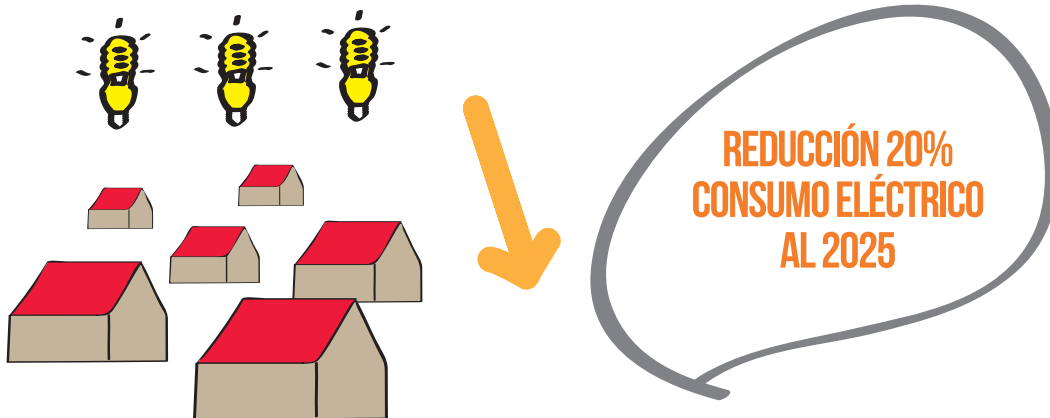
**Antofagasta, la capital solar de Chile y Latinoamérica. Una ciudad responsable y eficiente en el consumo de la energía. Una ciudad pionera en las tecnologías del futuro.**

### Metas Claras

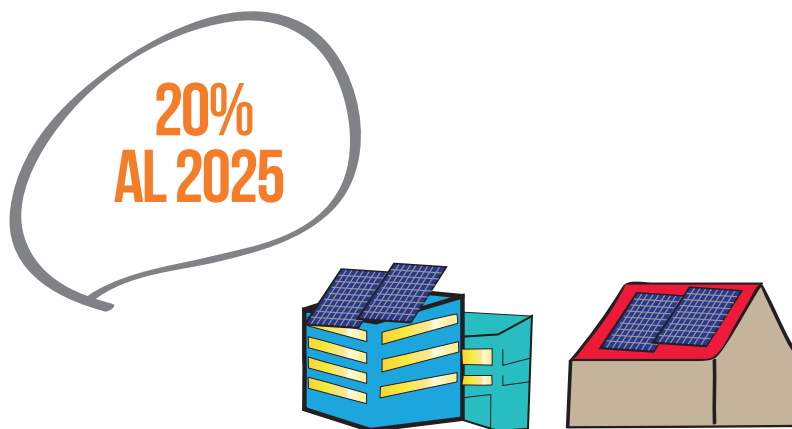
Junto con la visión se han desarrollado de manera participativa metas claras y medibles que pavimenten el camino a la visión. Estas metas han sido construidas y validadas por la comunidad para que estén alineadas con una visión conjunta de lo que debería o podría alcanzar la ciudad.

A continuación se presentan las metas para la ciudad de Antofagasta:

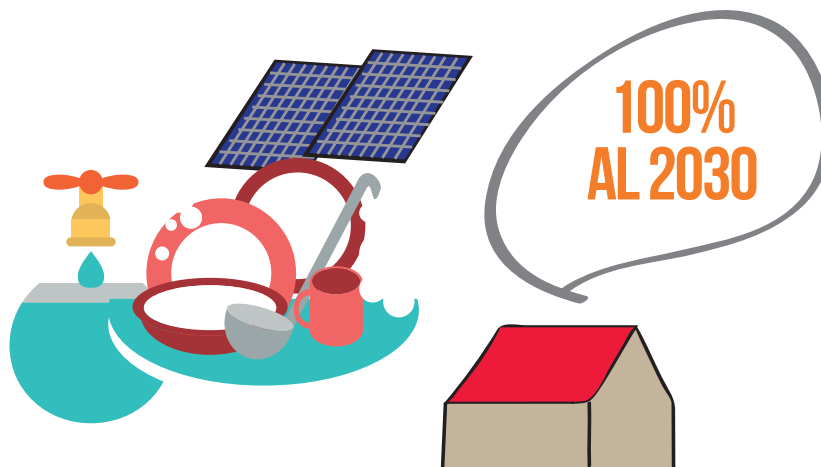
- Reducir en un 20% el consumo de electricidad de la ciudad al año 2025 respecto de lo proyectado en el diagnóstico energético.



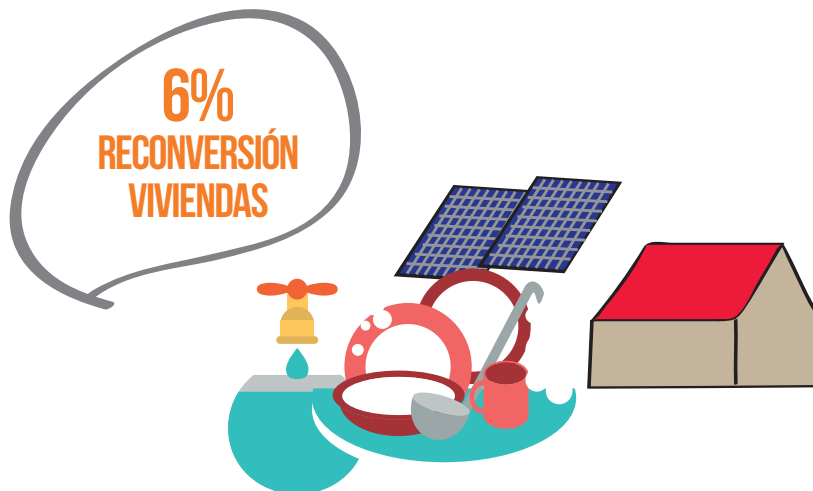
- Un 20% del consumo eléctrico del sector Comercial, Público y Residencial de la ciudad debe ser abastecido mediante energía solar fotovoltaica al año 2025. Es-to equivale a 86 MW de potencia instalada en la ciudad.



- Al año 2030, el 100% de las viviendas nuevas deben disponer con factibilidad para la instalación de sistemas solares térmicos, para abastecer los requerimientos de agua caliente sanitaria.



- Reconversión del 6% de las viviendas existentes al uso de sistemas solares térmicos.



### Proceso Participativo Proyectos

Uno de los pilares fundamentales de las Estrategias Energéticas Locales es su carácter participativo y abierto al involucramiento de la comunidad ampliada presente en un territorio específico. En este sentido, los proyectos que fueron definidos como relevantes para el cumplimiento de las metas, fueron escogidos mediante un proceso de priorización democrático y participativo, el cual contó con la presencia de Universidades (PUC del Norte y U. de Antofagasta); Ministerios (Energía, MOP, Medio Ambiente) y Minera Escondida. En total fueron 14 participantes, moderados por dos personas de CREO y Fundación Chile, los cuales distribuidos en mesas de trabajo discutieron y priorizaron los distintos proyectos.

Un total de 25 potenciales proyectos (identificados durante el proceso de diagnóstico energético y mediante entrevistas a expertos locales) fueron analizados por sus características de impacto y sustentabilidad. Relacionado al impacto se utilizó la capacidad que tendrían que cumplir las metas, cobertura y atractivo. Relacionado al eje de sustentabilidad se utilizó la disponibilidad de recursos, la complejidad de implementación y las barreras que un proyecto podría enfrentar.

Estos dos criterios fueron además complementados con el impacto que los proyectos pueden tener en relación a las metas y visión del Gobierno Regional, Ministerio de Energía y CREO Antofagasta, y su concordancia con los planes de estos organismos.

Este proceso llevó a que se escogieran tres proyectos concretos para ser implementados en la ciudad de Antofagasta. Los proyectos priorizados a partir de este proceso fueron:

- Créditos Verdes
- Colegios Solares
- Iluminación Pública Eficiente



Taller de priorización de proyectos, organizado por CREO, octubre de 2014.

## LISTADO DE PROYECTOS

### Créditos Verdes

Las estimaciones apuntan a que el parque de viviendas de la ciudad de Antofagasta aumentaría de 100.000 a 150.000 unidades entre el año 2014 y el año 2030. Es decir, es un parque de viviendas que crece a gran velocidad. De la misma forma que crece el parque de viviendas también crecería el consumo energético. Lo que se observa actualmente es que a pesar de las muy buenas condiciones de radiación existen muy pocas instalaciones solares térmicas o solares fotovoltaicas a nivel residencial. Más aún, a pesar de tener muy altos precios de agua potable existen pocos desarrollos con reutilización de aguas grises.

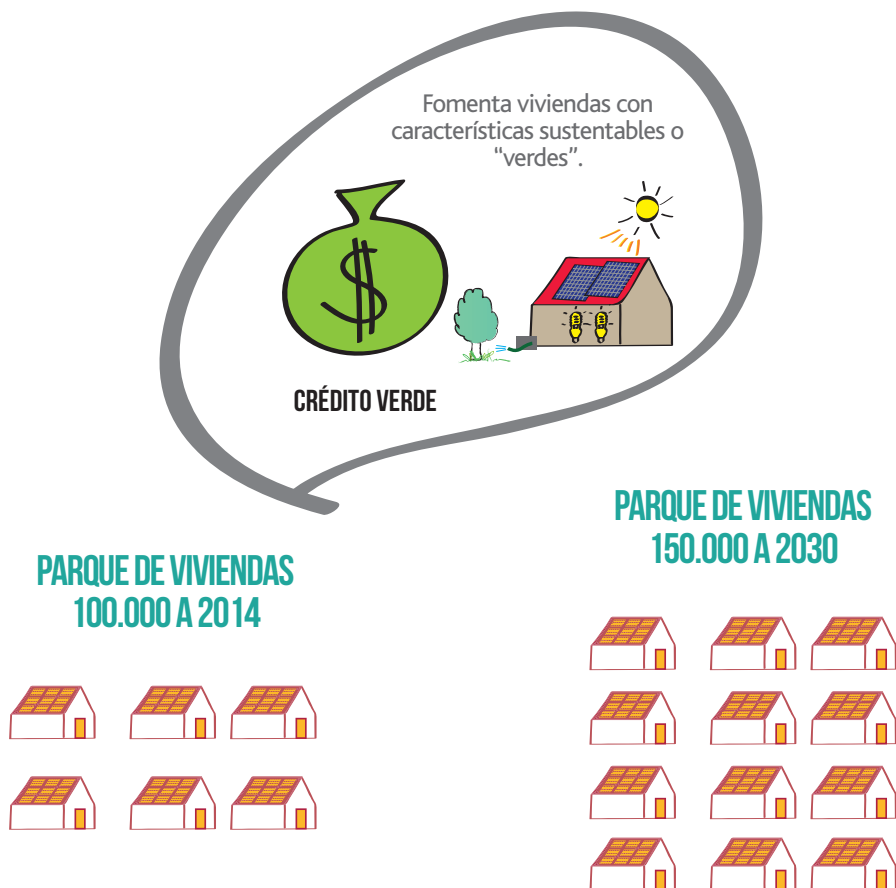
Los Créditos Verdes (CVs) son instrumentos financieros orientados a financiar a personas naturales o empresas que desarrollen o adquieran viviendas con características sustentables o “verdes”. Lo atractivo de estos créditos es que tendrían tasas más bajas o tendrían menores barreras para el usuario final. Esto fomentaría la construcción sustentable y por lo tanto uso más eficiente de los recursos.

En octubre del año 2014 se firmó un acuerdo entre el Banco de Crédito e Inversiones (BCI), la Cámara Chilena de la Construcción (CChC), la Universidad de Antofagasta y el Ministerio de Energía. En este acuerdo, BCI se compromete a evaluar la posibilidad de crear y pilotear dos tipos de créditos en Antofagasta, que son: (a) CVs hipotecario para viviendas nuevas o usadas y (b) CVs para desarrolladores inmobiliarios.

(a) Los CVs hipotecarios buscarían entregar una tasa más baja a aquellas casas que cumplan con altos estándares de sustentabilidad. Debido a las condiciones climáticas de Antofagasta esto probablemente significaría la incorporación de paneles fotovoltaicos, sistemas termosolares, iluminación eficiente y/o reutilización de aguas grises. Bajo esta modalidad, las tecnologías podrían ser incorporadas dentro del crédito hipotecario lo que haría más interesante evaluar su incorporación en futuras viviendas o remodelaciones.

(b) Los CVs para desarrolladores buscan incentivar a inmobiliarias que desarrollen proyectos que incorporen criterios de sustentabilidad.

La Universidad de Antofagasta, con el apoyo del Ministerio de Energía y la CChC, se encuentra en el proceso de desarrollar un mecanismo que permita acreditar aquellas viviendas que cumplan con características de sustentabilidad. Este sería el primer sistema de Créditos Verdes en Chile y un ejemplo a nivel latinoamericano, donde existen sólo un par de experiencias de este tipo.



Este sería el primer sistema de Créditos Verdes en Chile y un ejemplo a nivel latinoamericano, donde existen sólo un par de experiencias de este tipo.

### Colegios Solares

El proyecto Colegios Solares tiene por objetivo desarrollar instalaciones fotovoltaicas en las escuelas públicas de la ciudad, las cuales permitirán tener menores costos de electricidad, liberando recursos para las escuelas que pueden destinarse a la compra de libros o pagar más horas de profesores.

Además de la instalación fotovoltaica, cada escuela que se sume al programa tendrá acceso a un programa de sensibilización de los alumnos y capacitación de la comunidad escolar respecto a la energía solar.

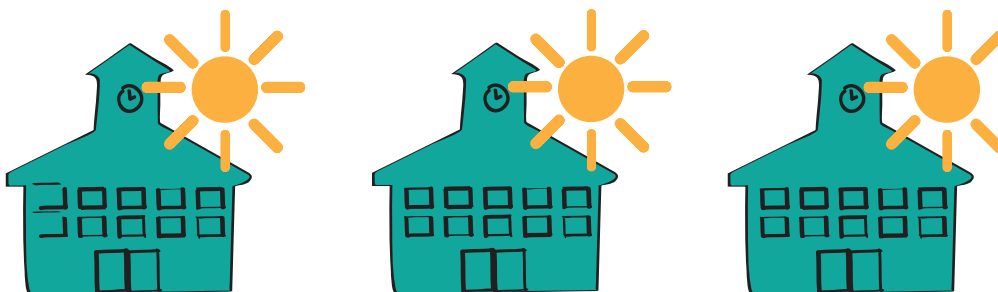
Además, se está explorando la posibilidad de que estas instalaciones puedan ser realizadas en escuelas que funcionen como albergues. Por lo tanto, en caso de desastre y/o corte de luz estas instalaciones pueden ser utilizadas como fuente de electricidad para aparatos móviles, linternas y otros elementos utilizados durante una emergencia. Esto permitirá tener algunos puntos de la ciudad funcionando autónomamente con una menor dependencia de combustibles.

El modelo involucrará a toda la comunidad escolar en la construcción del sistema, generando un mayor sentido de propiedad y abriendo espacios para capacitar en este tipo de tecnología a niños, padres y profesores. Los actores que implementarán este proyecto a partir del año 2015 son:

- Universidad de Antofagasta
- Gobierno Regional de Antofagasta
- CREO Antofagasta



- MENORES COSTOS DE ELECTRICIDAD
- FUENTE DE ELECTRICIDAD PARA EMERGENCIAS



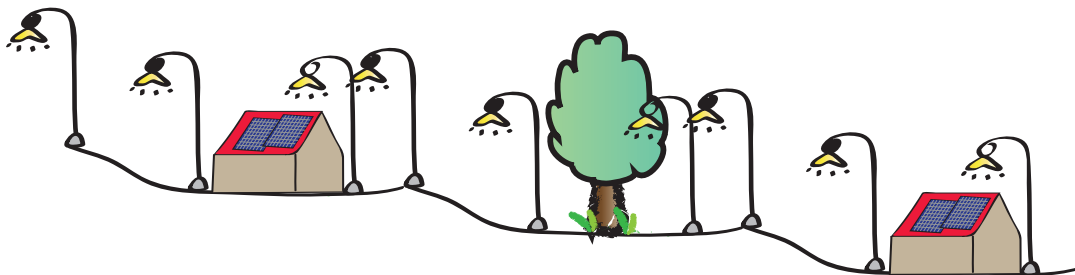
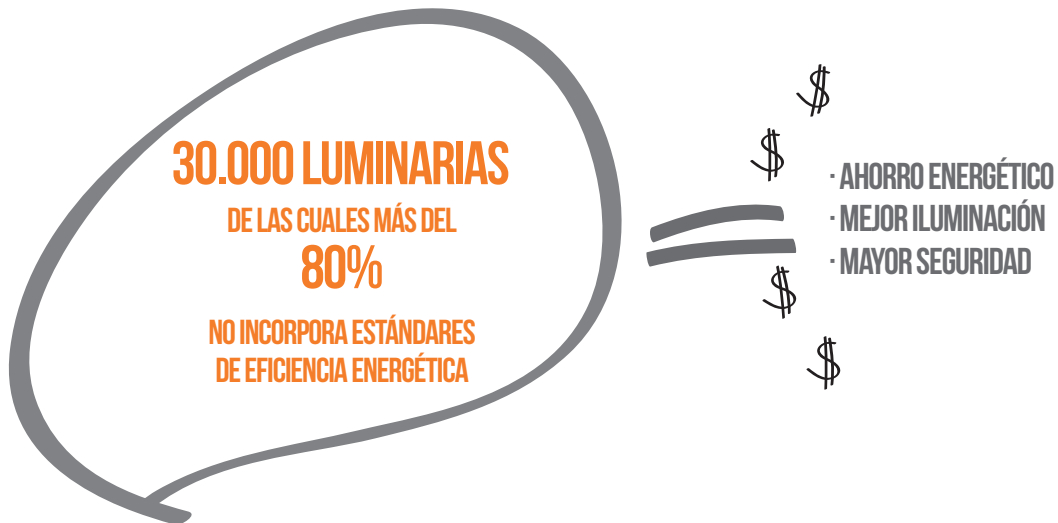
## COLEGIOS SOLARES

## Iluminación Pública Eficiente

El alumbrado público de la ciudad de Antofagasta está conformado por aproximadamente 30.000 luminarias, de las cuales más del 80% no incorpora estándares de eficiencia energética. En promedio, las luminarias están prendidas 11,4 horas al día, lo que representa un costo para el municipio de aproximadamente \$180 millones mensuales por concepto de electricidad.

Los avances tecnológicos relacionados a iluminación han sido muy grandes en el último tiempo. Hoy existen diversas opciones para hacer recambios y generar ahorros importantes en el gasto eléctrico, incluso mejorando la iluminación de calles o espacios públicos. La tecnología LED (del inglés "light emitting diode") ha sido la más utilizada últimamente a nivel mundial para este recambio, que puede generar un ahorro en torno al 20%-30% del consumo.

Aprovechando la reciente aprobación de una norma que permite la instalación de la tecnología LED en regiones donde existe observación astronómica, este proyecto busca generar un recambio masivo de la iluminación pública. Este cambio no sólo generaría ahorros importantes para la Municipalidad, sino que también bajará considerablemente la huella de carbono del sector público de la ciudad de Antofagasta. Junto con esto también se tendría una mejor iluminación lo que aumentaría la seguridad de la ciudad.



La tecnología LED puede generar un ahorro en torno al 20% - 30% del consumo.

## Plan de Acción

En la actualidad, la ciudad de Antofagasta presenta grandes desafíos en diversas materias: transporte, uso de suelo, espacios públicos, cultura, participación, diversificación económica, residuos, energía, entre otros. En este último punto, este diagnóstico detectó diversos aspectos en los cuales existe un amplio rango en el cual avanzar.

De acuerdo a los resultados de la EEL en la ciudad, se propone el siguiente plan de acción para alcanzar las metas y objetivos:

### 1. Diseño de planes y proyectos concretos en materia energética.

Para alcanzar los diversos objetivos y metas propuestos, se debe partir por el diseño en detalle de iniciativas concretas que han sido priorizadas. Para ello se establecerán rango de acción, alcance, impacto y factibilidad, para posteriormente pasar a una fase de financiamiento.

A la fecha, el proyecto de los créditos verdes está siendo empujado por los actores que han firmado el acuerdo durante 2014. Se espera que durante 2015 concluyan los estudios técnicos y se puedan evaluar los primeros pilotos para inicio de 2016.

Para los otros 2 proyectos priorizados (Colegios Solares y Alumbrado Público Eficiente), se está trabajando en diversos frentes. Primero, se están elaborando Fichas EBI para la presentación al Sistema Nacional de Inversiones. Segundo, se están evaluando modelos de colaboración público privada para financiar experiencias piloto. Finalmente, el Ministerio de Energía, ha declarado el compromiso de apoyar con financiamiento el recambio de alumbrado público y la incorporación de paneles solares en establecimientos educacionales de la zona norte del país.

### 2. Búsqueda de mecanismos de financiamiento.

Una vez diseñados los planes y proyectos concretos, se debe avanzar en mecanismos de financiamiento que permitan su pronta implementación en la ciudad. Aquí se deben incorporar diversas alternativas que provengan desde el sector privado y público. Algunos ejemplos de fuentes de financiamiento complementarias son los que se describen en la siguiente tabla:

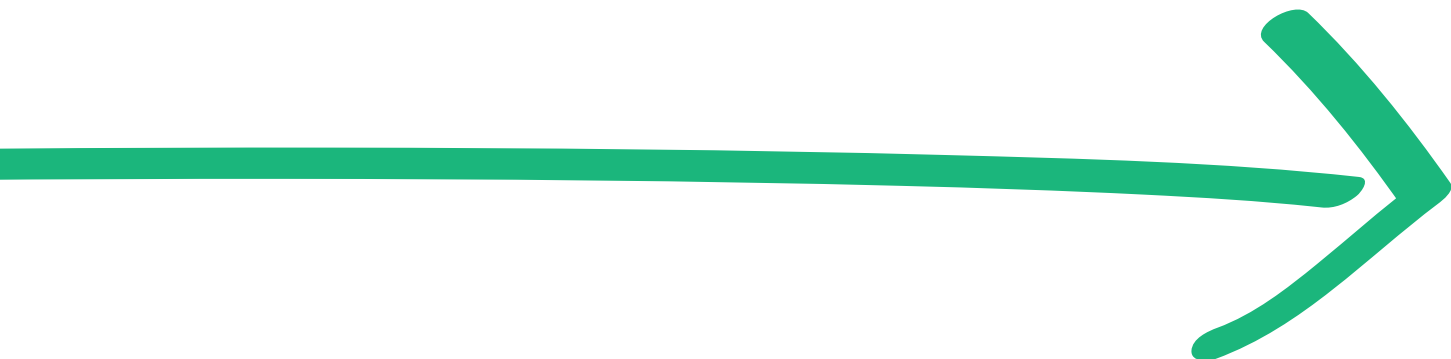
| Tipo          | Fuente  | Comentario                  | Enlaces   |
|---------------|---|-----------------------------|---|
| Internacional | Ford Foundation   | Implementación de proyectos | <a href="http://www.fordfoundation.org/">www.fordfoundation.org/</a>  |
| Internacional | JP Morgan Chase Foundation  | Implementación de proyectos | <a href="http://www.jpmorganchase.com/corporate/Corporate-Responsibility/global-philanthropy.htm">http://www.jpmorganchase.com/corporate/Corporate-Responsibility/global-philanthropy.htm</a> |
| Internacional | The David and Lucile Packard Foundation   | Implementación de proyectos | <a href="http://www.packard.org/">http://www.packard.org/</a>   |
| Internacional | The Coca-Cola Foundation  | Implementación de proyectos | <a href="http://www.coca-colacompany.com/our-company/the-coca-cola-foundation">http://www.coca-colacompany.com/our-company/the-coca-cola-foundation</a>                                       |
| Internacional | The Rockefeller Foundation  | Implementación de proyectos | <a href="http://www.rockefellerfoundation.org/">http://www.rockefellerfoundation.org/</a>   |
| Local         | Fondo de Acceso Energético  | Implementación de proyectos | <a href="http://fae.minenergia.cl/">http://fae.minenergia.cl/</a>   |
| Local         | Corfo   | Implementación de proyectos | <a href="http://www.corfo.cl">www.corfo.cl</a>  |
| Local         | Fondo de Protección Ambiental   | Implementación de proyectos | <a href="http://www.fondodeproteccionambiental.cl/">http://www.fondodeproteccionambiental.cl/</a>   |
| Local         | Subsidio para Acondicionamiento térmico (MINVU):  | Implementación de proyectos | <a href="http://www.minvu.cl/opensite_det_20110502134513.aspx">http://www.minvu.cl/opensite_det_20110502134513.aspx</a>   |
| Local         | Proyectos de Inversión para la Innovación en ERNC para el sector Agrícola y Forestal (FIA): | Implementación de proyectos | <a href="http://www.fia.cl/">http://www.fia.cl/</a>   |
| Local         | ERNC Nacional I y II (Comisión Nacional de Riego):  | Implementación de proyectos | <a href="http://www.cnr.cl/Ley18450/Paginas/Base%20de%20Con cursos.aspx">http://www.cnr.cl/Ley18450/Paginas/Base%20de%20Con cursos.aspx</a>   |
| Local         | Programa Asistencia para Proyectos Comunitarios de Seguridad Humana                         | Implementación de proyectos | <a href="http://www.cl.emb-japan.go.jp/cooperacion.htm">http://www.cl.emb-japan.go.jp/cooperacion.htm</a>   |
| Local         | Programa de Ayuda Directa (Embajada de Australia):  | Implementación de proyectos | <a href="http://www.chile.embassy.gov.au/sclecastellano/dapfaq.html">http://www.chile.embassy.gov.au/sclecastellano/dapfaq.html</a>   |
| Local         | Capacitación regional en ERNC (CIFES):  | Implementación de proyectos | <a href="http://cifes.gob.cl/">http://cifes.gob.cl/</a>   |

### 3. Involucramiento de actores relevantes de la ciudad.

Para el éxito de la implementación de los proyectos, se debe involucrar a diversos actores públicos y privados relacionados al sector energético. Estos actores deben impulsar las iniciativas clave para que perduren en el tiempo y se vayan actualizando debidamente. En este contexto, el CREO Antofagasta, La Universidad de Antofagasta y otros actores vinculados al sector empresarial de la zona (minería y servicios complementarios), juegan un rol esencial en la implementación y seguimiento de los proyectos.

# LÍNEA DE TIEMPO





#### 4. Implementación de proyectos en el tiempo.

Una vez diseñados los proyectos, junto con su respectivo financiamiento e involucrados los distintos actores del ecosistema energético, se debe buscar su implementación final. Esta debe ir acompañada de un proceso comunicacional, con tal de difundir adecuadamente las iniciativas e ir registrándolas para ir generando un catastro de iniciativas en la ciudad.

De manera tentativa, se propone la siguiente planificación de los proyectos priorizados:

| Proyecto            | Acciones                       |                                      |  |  |
|---------------------|--------------------------------|--------------------------------------|--|--|
|                     | 2015                           | 2016                                 | 2017                                       | 2018                                       |
| Créditos Verdes     | Validación técnica             | Primer piloto inmobiliario           | Masificación del modelo en Antofagasta     | Ampliación del alcance a nivel nacional    |
| Alumbrado Eficiente | Búsqueda y obtención de fondos | Primer piloto (10%) total luminarias | Penetración al 30% del total de luminarias | Penetración al 60% del total de luminarias |
| Colegios Solares    | Búsqueda y obtención de fondos | Primeros 3 colegios en el programa   | 10 colegios en el programa                 | 20 Colegios en Antofagasta                 |

## PALABRAS AL CIERRE

Esta Estrategia Energética de Antofagasta ya ha despertado mucho interés desde distintos puntos del país. A pesar del poco tiempo que tiene, esta experiencia ha sido utilizada como un ejemplo para otras comunas y para definir una metodología acorde a la realidad de nuestro país. Como equipo técnico esto nos enorgullece y nos motiva para seguir avanzando en esta tarea.

Queremos agradecer la gran recepción de la comunidad de Antofagasta que ha participado en diversas actividades y compartido información para poder construir esta Estrategia y definir el plan de acción.

Los agradecimientos se extienden también a CREO Antofagasta y la Embajada Británica que han proporcionado los recursos para poder completar esta Estrategia.

Estamos convencidos que este trabajo transformará la forma en que los vecinos se relacionan con el desarrollo energético de la ciudad. Antofagasta cuenta con un recurso solar muy alto y características privilegiadas que la podrán convertir en la capital solar de Chile y Latinoamérica. Es importante aprovechar esas ventajas competitivas y realmente dar el salto hacia el futuro y demostrar con el ejemplo.



Capital Solar  
Diagnóstico Energético Local Antofagasta.

Santiago, abril 2015  
Diseño: Fundación Chile



# CAPITAL SOLAR

## DIAGNÓSTICO ENERGÉTICO LOCAL ANTOFAGASTA

