



## **INFORME FINAL 1**

# **TRANSFERENCIA TECNOLÓGICA CONTENIDOS DE ENERGÍA DISTRITAL PARA CAPACITACIONES SECTOR PRIVADO**

Noviembre 2022

Elaborado por: Gestiona Group Consultores

Este documento y su contenido es propiedad de Gestiona Group y los profesionales integrantes del equipo de trabajo propuesto. Ninguna información suministrada con relación a esta propuesta se podrá duplicar, transmitir, utilizar o divulgar, de cualquier manera o en cualquier soporte, por cualquier persona natural o jurídica diferente del equipo anteriormente individualizado. Asimismo, la información entregada por la contraparte no podrá ser divulgada ni compartida con personas externas al proyecto.

# Tabla de Contenidos

Tabla de Contenidos.....	2
Tabla de figuras .....	5
Introducción .....	6
Eficiencia energética.....	6
Conociendo la energía distrital.....	7
¿Qué es la energía distrital? .....	7
Calefacción distrital.....	9
Enfriamiento distrital .....	9
¿Por qué es importante? .....	9
Generación de empleos y valor agregado .....	10
Uso de recursos renovables locales .....	10
Eficiencia energética y acceso a energía limpia .....	11
Reducción de emisiones de GEI .....	11
Mejora en la calidad del aire .....	11
Nuevas oportunidades de negocio.....	11
Bajos costos de energía térmica .....	12
Tecnologías.....	12
Bombas de Calor .....	12
Sistemas ambient-loop .....	13
Cogeneración.....	14
Calderas .....	14
¿Se puede hacer en Chile?.....	14
Región del Bio Bio .....	14
¿Qué se necesita? .....	15



Técnico-económico .....	15
Alta densidad energética .....	15
Clientes ancla.....	15
Disponibilidad de energía a bajo costo .....	16
Disponibilidad de sitios de emplazamiento.....	16
Costos operacionales competitivos.....	16
Contexto local .....	16
Autoridades locales comprometidas.....	16
Planificación energética territorial.....	17
Pasos para el desarrollo de la energía distrital.....	18
Integración en políticas públicas locales.....	18
Fortalecimiento de la coordinación .....	18
Identificación de necesidades locales .....	19
Integración de la energía distrital en los objetivos, políticas, y estrategias locales.....	20
Planificación .....	21
Mapas de calor .....	21
Estimación de la demanda térmica .....	22
Plan maestro de energía distrital.....	22
Análisis y habilitación del uso de suelo .....	23
Estudios de preinversión.....	23
Análisis rápidos .....	23
Prefactibilidad.....	24
Factibilidad.....	24
Análisis normativo.....	25
Construcción .....	25
Operación .....	25



Propiedad de los sistemas.....	26
Público .....	26
Privado.....	26
Concesión .....	26
Cooperativa .....	26
Ejemplos de sistemas.....	27
En Chile .....	27
Santiago - Torres San Borja .....	27
Temuco - Condominio Frankfurt.....	28
Extranjero .....	28
Vancouver, Canadá - Energía de aguas servidas .....	28
Botosani, Rumania - Menor gasto para las familias.....	29
París, Francia – Ciudad accionista.....	30
CONCLUSIONES .....	32
BIBLIOGRAFÍA .....	33



# Tabla de figuras

Figura 1. Diagrama del funcionamiento de un sistema de energía distrital. ....	8
Figura 2. Beneficios de la adopción de sistemas de energía distrital. ....	10
Figura 3. Esquema de un sistema ambient loop.....	13
Figura 4. Mapa de calor, indicando dónde hay más demanda en tonos rojos, y menos demanda en tonos verdes. ....	17
Figura 5. Matriz interés-influencia.....	19
Figura 6. Instrumentos que pueden estar alineados con el desarrollo de la energía distrital. ....	21
Figura 7. Mapa de calor para la comuna de Concepción. ....	22
Figura 8. Torres de San Borja. ....	28
Figura 9. Olympic Village en Vancouver.....	29
Figura 10. Planta de cogeneración en Botosani, Rumania.....	30
Figura 11. Mapa de la red de energía distrital de París de la PCU. ....	31



# Introducción

Vivimos un momento crítico para la humanidad, donde los impactos que generamos son a gran escala y por lo tanto tenemos que hacernos cargo de ellos si queremos que el mundo que conocemos siga siendo habitable. Las actividades humanas cotidianas, tales como calefaccionarse o transportarse, son causantes de la emisión de gases de efecto invernadero y otros contaminantes que son dañinos para nuestra salud, por lo que debemos encontrar formas de avanzar hacia la adopción de tecnologías que dejen atrás esta fórmula.

La energía distrital se presenta como una alternativa viable, pero poco conocida en Chile y en específico en la región del Biobío. Sin embargo, existen diversos antecedentes, incluyendo el interés del Estado de Chile en fomentar su desarrollo, que dan cuenta de la viabilidad que tiene para ayudar, de manera masiva, a mejorar la calidad de vida de miles de personas, descarbonizando el uso de energía térmica, disminuyendo las emisiones contaminantes, y mejorando el servicio de calefacción.

## Eficiencia energética

La eficiencia energética es cualquier acción que se tome para disminuir el consumo de energía logrando un nivel de servicio igual o superior, o aumentar el nivel de servicio usando la misma cantidad de energía o menos (Ortiz Vásquez et al., 2015). De esta manera es una medida que no solo permite disminuir los impactos ambientales, sino que también trae consigo un ahorro en el gasto de energía, pudiendo traer ahorros netos en un periodo de tiempo determinado.

Usualmente, es una de las primeras acciones que se toman al hacer planificación energética o de mitigación de emisiones de carbono. El objetivo es reducir el consumo total de energía sin bajar el nivel de servicio o confort. En el caso específico de los edificios, usualmente se hacen mejoras a la envolvente térmica para evitar pérdidas de calor, y luego se establecen medidas como el cambio hacia combustibles más limpios o sin emisiones.

Dentro de la amplia lista de medidas que pueden aplicarse dentro de un edificio, un barrio, o una ciudad completa, la energía distrital nos permite aprovechar oportunidades que de otra manera no sería posible, evitando perder energía hacia el ambiente, pudiendo



aprovecharla para usarse en otros lugares. Un ejemplo de esto es el uso de energía residual de industrias o comercios proveniente de procesos que eliminan calor al ambiente, por ejemplo, los sistemas de refrigeración, los centros de datos<sup>1</sup>, o procesos térmicos de grandes industrias como las papeleras<sup>2</sup>. También existen sistemas que recuperan energía de las aguas servidas que están a mayor temperatura que el agua de fuentes naturales<sup>3</sup>.

Otro punto importante es que los sistemas de energía distrital modernos pueden funcionar con bajas temperaturas. La implicancia de esto es una menor pérdida de energía, ya que mientras más alta la temperatura que se encuentra al interior de las tuberías, mayor es la pérdida hacia el ambiente. Además, se hace más fácil recuperar energía desperdiciada de otros procesos.

# Conociendo la energía distrital

## ¿Qué es la energía distrital?

La energía distrital es un sistema donde se produce calor, frío y/o electricidad de manera centralizada y luego se reparte por una red a varias viviendas, edificios, comercio, industria, vecindario, ciudad, etc. (ver Figura 1). Así, un sistema se divide en tres subsistemas: la central de energía, la red de distribución, y el sistema de transferencia de la energía a los edificios o consumidores finales.

La central (o centrales) de energía puede ser de diversos tipos y usar una variedad de combustibles. En el pasado eran centrales térmicas que generaban vapor a altas temperaturas con el uso de combustibles fósiles, pero en la actualidad se utilizan sistemas más modernos, que calientan agua a menor temperatura, son más eficientes, y no utilizan combustibles fósiles o contaminantes. Hoy en día, con el llamado que ha hecho el IPCC para dejar de emitir gases de efecto invernadero, es importante que los sistemas de energía distrital no incorporen combustibles fósiles en su funcionamiento, incluyendo el

---

<sup>1</sup> Ejemplo de Microsoft, accedido el 28 de julio de 2022: <https://www.fortum.com/media/2022/03/fortum-and-microsoft-announce-worlds-largest-collaboration-heat-homes-services-and-businesses-sustainable-waste-heat-new-data-centre-region>

<sup>2</sup> <https://www.gigkarasek.com/en/blog/industrial-waste-heat-utilization>

<sup>3</sup> Ejemplo en Vancouver: <https://vancouver.ca/home-property-development/how-the-utility-works.aspx>



gas natural, mal llamado un combustible limpio por las empresas que lo venden. Los sistemas modernos son en base a energías renovables o el uso de bombas de calor que consumen energía eléctrica de manera muy eficiente.

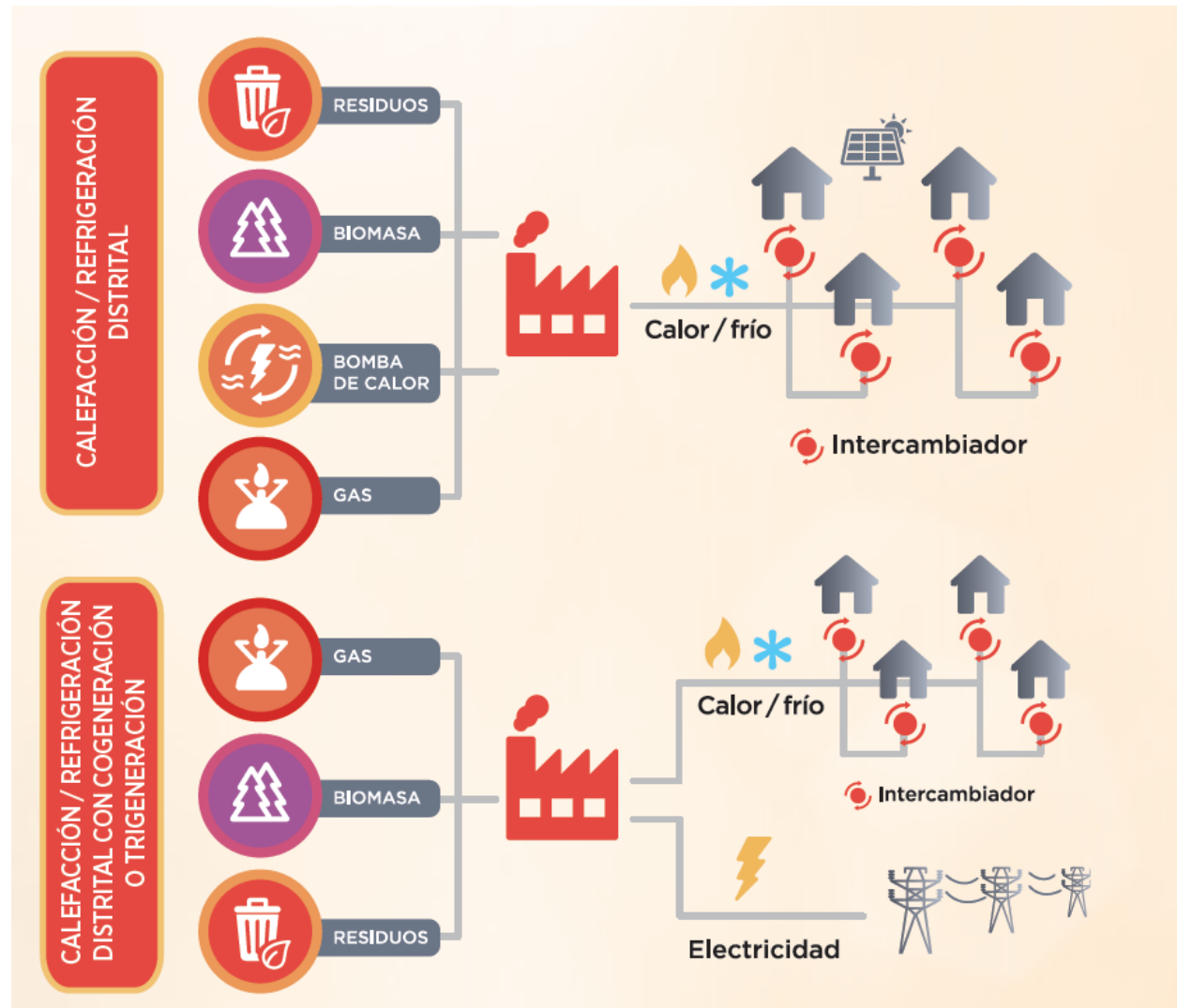


Figura 1. Diagrama del funcionamiento de un sistema de energía distrital.<sup>4</sup>

El calor es distribuido por tuberías subterráneas que transportan usualmente agua caliente o agua fría, dependiendo del uso final. Cuando se utilizan fuentes de energía a alta temperatura, como la combustión, para no perder calor estas tuberías deben ser de un material especial, haciéndolas más costosas. Cuando se utilizan bajas temperaturas, como en los sistemas de “ambient loop”, no es necesario y se pueden abaratar costos.

<sup>4</sup> Fuente: Manual de desarrollo de proyectos de energía distrital (EBP Chile SpA AG, 2018).



La energía es utilizada por los usuarios finales a través de un sistema de intercambio de calor, que obtiene energía de la red y la lleva al interior de la edificación, donde se hace una medición del consumo de energía de manera precisa. El uso puede ser para calefacción, para agua caliente sanitaria, o para enfriamiento.

A grandes rasgos la energía distrital se puede dividir en calefacción y en enfriamiento, aunque también se pueden diseñar sistemas con este doble propósito.

## Calefacción distrital

Un sistema de calefacción distrital entrega energía térmica a los clientes finales, quienes pueden usarlo para calefacción, agua caliente sanitaria, o para procesos térmicos en caso de industrias. Este tipo de sistemas son los más mencionados en Chile.

## Enfriamiento distrital

Estos sistemas distribuyen agua fría que puede ser usada en la climatización de edificios en temporadas calurosas, pudiendo reemplazar el consumo de energía de aire acondicionado.

## ¿Por qué es importante?

El uso de energía distrital puede traer diversos beneficios económicos, ambientales, y sociales, los cuales se resumen en la siguiente figura.





Figura 2. Beneficios de la adopción de sistemas de energía distrital<sup>5</sup>.

## Generación de empleos y valor agregado

Un sistema de energía distrital tiene el potencial de utilizar fuentes de energía locales como la biomasa, fomentando la economía local sin los efectos negativos de la contaminación atmosférica. Además, la construcción y la operación de la planta también genera empleos en el corto y largo plazo.

## Uso de recursos renovables locales

<sup>5</sup> Fuente: Manual de desarrollo de proyectos de energía distrital (EBP Chile SpA AG, 2018)

El uso de la energía distrital permite utilizar fuentes de energía renovables locales. Las bombas de calor por ejemplo utilizan el calor del ambiente, ya sea del aire o del agua para proveer calor con un consumo bajo de energía eléctrica. Los sistemas de cogeneración entregan electricidad generada localmente y utilizan el calor residual para entregarlo a la red de energía distrital. La biomasa puede ser utilizada para plantas térmicas centralizadas donde se controlen las emisiones contaminantes y los proveedores sean actores locales. El uso de energía residual de procesos térmicos ayuda a que las industrias provean de servicios a la comunidad local, mejorando las relaciones.

## Eficiencia energética y acceso a energía limpia

A diferencia de los sistemas individuales, la energía distrital permite aprovechar fuentes de calor que de otra manera se pierden al ambiente, representando una mejora en la eficiencia energética de la zona donde se implementa y evitando emisiones de combustibles fósiles. Además, al centralizar la generación de calor, se pueden incorporar mecanismos como filtros para disminuir significativamente las emisiones de contaminantes como el material particulado<sup>6</sup>.

## Reducción de emisiones de GEI

El mismo principio que permite obtener energía de fuentes renovables alternativas hace que puedan reducirse las emisiones de gases de efecto invernadero. Incluso al utilizar biomasa como combustible, en comparación con los sistemas individuales, existe un aumento en la eficiencia energética y una disminución considerable de un contaminante climático de vida corta, el carbono negro, el cual tiene un alto potencial de calentamiento global, y que está asociado a las emisiones de material particulado.

## Mejora en la calidad del aire

Al utilizar fuentes de energía renovables disponibles no es necesario generar combustión de combustibles fósiles o de biomasa, ya que se necesitan bombas de calor que funcionan con electricidad. Además, en caso de utilizar combustibles, centralizar la producción de energía permite incorporar sistemas de control de emisiones contaminantes al alcanzar economías de escala.

## Nuevas oportunidades de negocio

---

<sup>6</sup> El caso de las Torres San Borja en Santiago es un buen ejemplo de esto.



La energía distrital genera un mercado formalizado en torno a la calefacción y climatización, que incluye la construcción de los sistemas y la operación de los mismos.

## Bajos costos de energía térmica

Bajo condiciones específicas de “densidad energética”, los sistemas de energía distrital pueden lograr precios para el consumidor final bastante competitivos o incluso más baratos que las alternativas individuales de calefacción, especialmente si utilizan fuentes de energía disponibles a muy bajo costo, como el calor residual por ejemplo.

## Tecnologías

Los sistemas de energía distrital son flexibles en términos tecnológicos. No necesitan un tipo de combustible en específico, ni tampoco una tecnología en particular para generar calor. Así, la decisión se toma caso a caso, según lo que sea mejor para cada territorio, dependiendo del acceso a fuentes de energía, tecnologías disponibles, capacidades instaladas, cultura local, etc. A continuación se describen algunas opciones para usar en los sistemas distritales.

### Bombas de Calor

Las bombas de calor probablemente son la alternativa más promisoría para los sistemas de energía distrital ya que entregan una gran flexibilidad para obtener calor de diversas fuentes naturales o disponibles en el entorno. Las bombas para su funcionamiento en general consumen electricidad, y permiten extraer calor de una fuente de baja temperatura y transferirlo a una fuente de temperatura mayor. Además, existen distintos tipos según si extraen el calor desde el suelo, el agua o el aire ambiente, y según si llevan el calor al aire o al agua, clasificándose en sistemas aire-aire, aire-agua, agua-aire, agua-agua, tierra-aire y tierra-agua.

Una de las características más importantes de las bombas de calor es que su eficiencia, o lo que se conoce como el coeficiente de operación (COP) es mayor al 100%. De esta manera, entregan más energía en forma de calor que la que consumen en energía, lo que no se logra con ninguna otra tecnología.

A partir de bombas de calor, se puede elevar la temperatura del agua desde fuentes como aguas servidas, o de aguas residuales industriales, que por sí solas no servirían para la calefacción.



## Sistemas ambient-loop

Más que una tecnología en específico los sistemas ambient-loop o shared-loop son una configuración altamente eficientes de energía distrital, la cual consiste principalmente en una red donde circula agua a relativamente baja temperatura (0-25°C) y cada consumidor cuenta con su propia bomba de calor para elevar la temperatura y obtener calefacción o agua caliente (Figura 3).

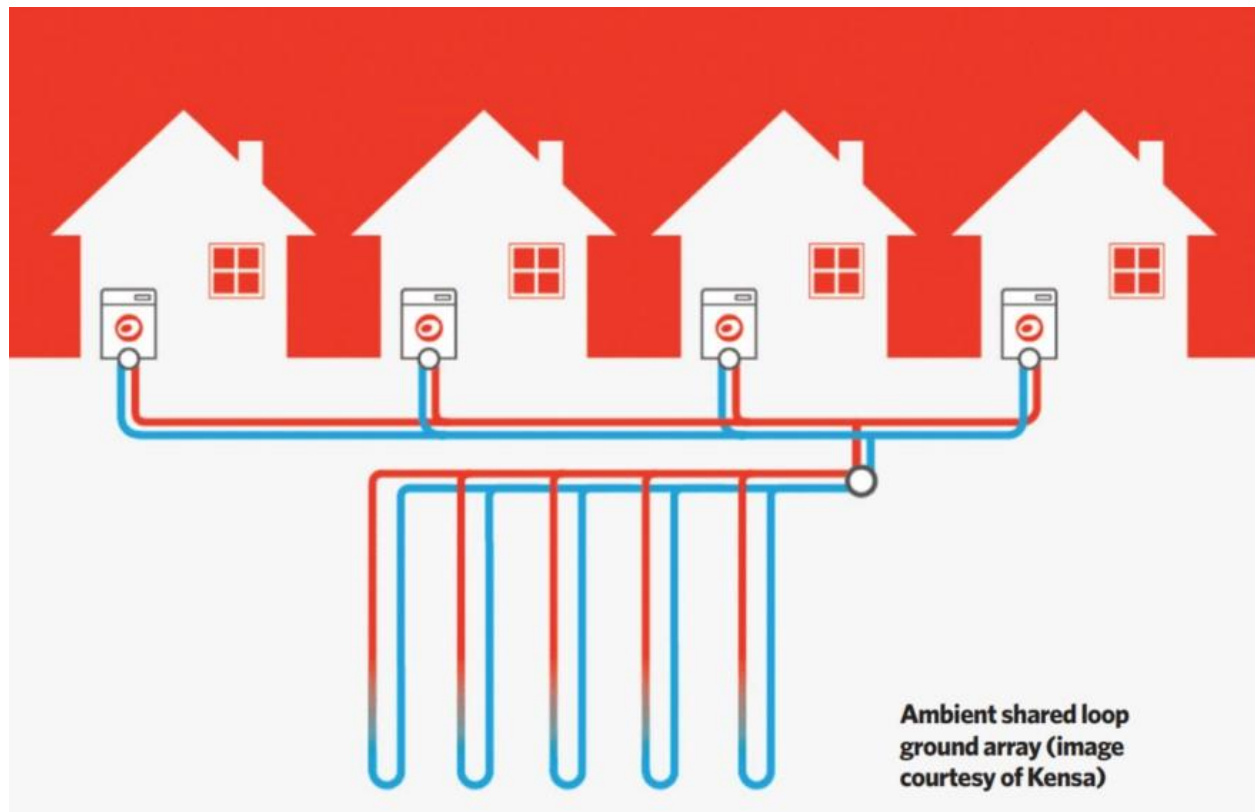


Figura 3. Esquema de un sistema ambient loop.<sup>7</sup>

Generalmente el calor de la red se obtiene de variadas fuentes, las cuales pueden ser naturales como ríos, un lago, o el suelo, o fuentes de calor a baja temperatura, como el calor de aguas servidas, o el calor rechazado por sistemas de enfriamiento como frigoríficos o centros de datos (Revesz et al., 2022).

Un beneficio de esta configuración es que al funcionar a bajas temperaturas no es necesario aislar las redes de distribución, o al menos en un menor nivel, ahorrando en el monto de inversión. Además, le entrega la libertad a cada usuario de configurar la calefacción según sus preferencias.

<sup>7</sup> Obtenido de <https://www.cibsejournal.com/technical/take-it-down-low/> el 9 de septiembre de 2022.



## Cogeneración

La cogeneración o *combined heat and power* (CHP) es el proceso por el cual se genera electricidad y calor útil al mismo tiempo, logrando una alta eficiencia energética. El uso principal puede ser la generación eléctrica, o la generación de calor, en general para procesos térmicos industriales como los requeridos en las papeleras.

## Calderas

Una manera tradicional de obtener calor es a través de la combustión para calentar agua. Una ventaja es que es una tecnología bastante desarrollada comercialmente y se encuentra disponible fácilmente. Sin embargo, se debe evitar el uso de combustibles fósiles, intentando utilizar biomasa de fuentes renovables.

## ¿Se puede hacer en Chile?

La respuesta corta es sí. En Chile de hecho ya existen sistemas de energía distrital operando, donde la mayoría de los proyectos corresponde a sistemas en conjuntos habitacionales cerrados, en los cuales las redes no pasan por calles públicas u otros bienes nacionales de uso público. Esto hace que el diseño y la construcción de los proyectos sea más simple y más controlada por parte de los propietarios del sistema.

Existen diversas condiciones para que un sistema de energía distrital pueda funcionar y se justifique su construcción, incluyendo la coordinación de actores locales, condiciones técnico-económicas, y presencia de inversionistas interesados, entre otras (ver sección siguiente). Por estas razones, que implican una mayor complejidad, el Estado de Chile se encuentra impulsando el desarrollo de estos proyectos por los beneficios sociales y ambientales que traen, y ya son muchos los programas y estrategias que incorporan la energía distrital como estratégica para el desarrollo energético y ambiental del país.

## Región del Bio Bio

En distintos sectores y localidades de la Región del Biobío se presentan varias condiciones favorables para el desarrollo de la energía distrital. Un estudio encargado por el Ministerio del Medio Ambiente estudió las oportunidades en diversas comunas del Gran Concepción, detectando posibles proyectos en San Pedro, Hualpén y Talcahuano (Acuña et al., 2019; UDT, 2017).



El Gran Concepción presenta muchas ventajas para el desarrollo de proyectos: densidad de consumo energético por la densidad poblacional que presenta; presencia de grandes consumidores de energía como hospitales, campus universitarios, edificios comerciales, etc.; presencia de industrias en las cercanías de los consumidores, de donde obtener energía residual a bajo costo.

Fuera de esta zona, también existen otras localidades donde podrían darse las condiciones técnico-económicas, como en Nacimiento, donde opera la planta de celulosa Santa Fe de la empresa CMPC.

Sin embargo, esto es solo una mirada superficial, y para determinar la viabilidad real de los proyectos se deben realizar una serie de pasos que se detallan en las secciones siguientes.

## ¿Qué se necesita?

Se necesita una serie de requisitos para que un proyecto de energía distrital se construya y sea exitoso. Es más complejo que instalar una caldera y un sistema de distribución. Se requiere coordinación con actores locales, potenciales clientes, políticas públicas de apoyo, inversionistas interesados, etc. A continuación se detalla cada una de las variables más importantes a considerar.

## Técnico-económico

### Alta densidad energética

La alta densidad energética en palabras simples es que exista la mayor cantidad de demanda de energía en el menor espacio posible. Así, puede medirse como demanda anual de energía por hectárea o demanda anual de energía por metro lineal.

La razón de la importancia de esto es que las redes de distribución son un costo importante dentro de la construcción de los proyectos, por lo que a mayor densidad energética, menor es la cantidad de tuberías a instalar, siendo menor la inversión, y por lo tanto es más fácil llegar a precios competitivos de operación.

### Clientes ancla



Un cliente ancla corresponde a una demanda de energía excepcionalmente alta en comparación con un cliente promedio. Para viabilizar económicamente un proyecto, es importante que existan clientes que demanden energía de manera constante y en altos volúmenes. Ejemplos típicos de clientes ancla son hospitales, clínicas, industrias, campus universitarios, etc.

## Disponibilidad de energía a bajo costo

La energía distrital tiene sentido cuando logra utilizar energía disponible que sea de bajo costo y libre de emisiones contaminantes, como el calor residual de procesos industriales, aguas servidas, u otra opción local renovable y barata. Además, tiene que ser una fuente estable, sin variabilidad en su precio importante, y que esté disponible durante todo el año.

## Disponibilidad de sitios de emplazamiento

Es deseable que la instalación de la planta generadora de calor esté lo menos alejada posible de los consumidores finales, evitando así las pérdidas de energía en la red de distribución. Además, en caso de requerir combustible, se requiere existencia de accesos viales para la correcta descarga.

Otro punto importante es que el sitio debe cumplir con el uso de suelo que permita la generación de energía.

## Costos operacionales competitivos

Si el costo para el cliente es muy superior en comparación con tener un sistema individual, difícilmente se sienta atraído a conectarse. Por esto, se deben lograr precios finales menores o al menos competitivos con el resto de las alternativas disponibles para calefacción, agua caliente sanitaria y/o climatización.

# Contexto local

## Autoridades locales comprometidas

Debe existir voluntad política y dentro de la administración pública para facilitar el uso de Bienes Nacionales de Uso Público, en particular las calles que serán intervenidas para la instalación de redes de calefacción.





Además, los edificios públicos pueden ser clientes del sistema distrital, ayudando a que el proyecto sea viable y sostenible en el tiempo.

## Planificación energética territorial

Una buena manera de estimar la densidad energética mencionada anteriormente, y que ayuda a la planificación de los proyectos, es la construcción de mapas de calor, que muestran geográficamente las zonas más densas energéticamente mostrando de manera simple y gráfica dónde es mejor priorizar el desarrollo de los proyectos dentro de una ciudad o comuna específica (ver Figura 4).

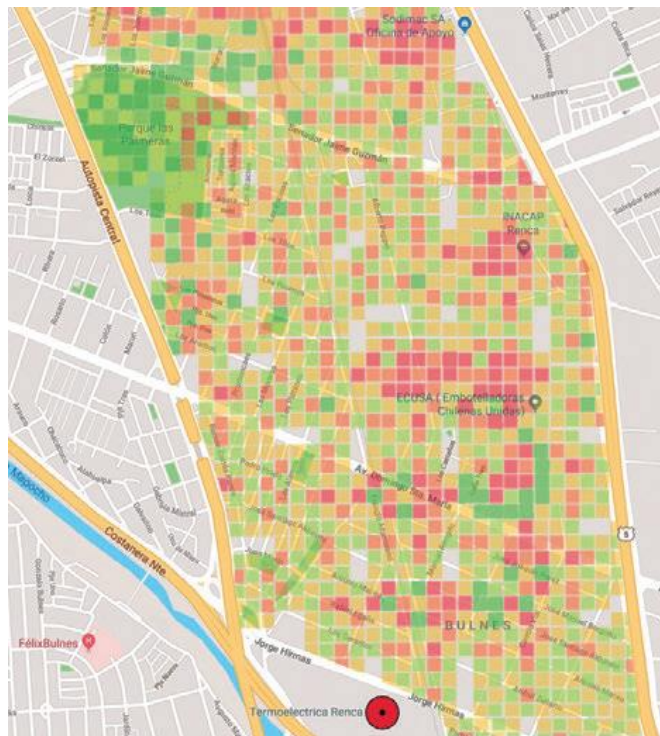


Figura 4. Mapa de calor<sup>8</sup>, indicando dónde hay más demanda en tonos rojos, y menos demanda en tonos verdes.

Además, es importante pensar en la densificación de ciertas zonas teniendo a la vista el beneficio que podría traer la posibilidad de conectarse a un sistema distrital para edificaciones nuevas. Adicionalmente, planificar barrios mixtos densos, permite que exista una gran flexibilidad entre el uso de frío y de calor, permitiendo utilizar calor y frío residual respectivamente dentro de la misma red (Mellado, Riquelme, Lapuente, Riobó, et al., 2022). También permite que se consuma energía a diferentes momentos del día, por lo que el proyecto recibe ingresos de manera más uniforme, mejorando su viabilidad económica.

<sup>8</sup> Fuente: Manual de desarrollo de proyectos de energía distrital (EBP Chile SpA AG, 2018)



# Pasos para el desarrollo de la energía distrital

## Integración en políticas públicas locales

El rol de los organismos públicos es fundamental para el desarrollo de proyectos de energía distrital. Estos sistemas entran en el marco de influencia de muchos actores locales, incluyendo al municipio, gobiernos regionales, secretarías regionales ministeriales, etc, por lo que es de suma importancia que exista una coordinación formal, que se identifiquen las necesidades locales que se espera que la energía distrital resuelva, y que se integre la energía distrital en los objetivos, políticas y estrategias locales.

### Fortalecimiento de la coordinación

En la Guía para los Gobiernos Locales y Regionales (Mellado, Riquelme, Lapuente, Riobó, et al., 2022) se describen seis pasos para lograr este objetivo, los cuales se detallan a continuación.

1. **Designación de un líder:** se debe designar a una persona a nivel municipal o regional que sea punto focal y que logre liderar la coordinación entre los actores. Deberá ser capaz de posicionar la energía distrital en el corto plazo dentro de las prioridades locales y gestionar el desarrollo de proyectos específicos en el mediano y largo plazo.
2. **Identificación de actores:** es importante identificar los actores locales, regionales, nacionales, e incluso internacionales que estarían involucrados tanto en la incorporación de la temática en las políticas públicas locales como en el desarrollo de un proyecto en específico.
3. **Mapeo de actores:** este paso corresponde a la identificación de los roles y los beneficios que le corresponde a cada uno de los actores identificados en el paso previo. Al tener esto completo se facilita la integración de los mismos.
4. **Priorización de actores:** se debe construir una “matriz de interés-influencia” (ver Figura 5) la que permite identificar el nivel de esfuerzo y tiempo que se debe dedicar para coordinar a los distintos actores.<sup>7</sup>



5. **Planificación de actividades:** definición de qué canales de comunicación se usarán con cada actor, cada cuánto serán las comunicaciones, nivel de periodicidad, etc.
6. **Vinculación de actores:** se debe asegurar la participación de los actores en las instancias planificadas, manteniendo el compromiso en el tiempo, reforzando la visión estratégica del proyecto o política pública a trabajar.

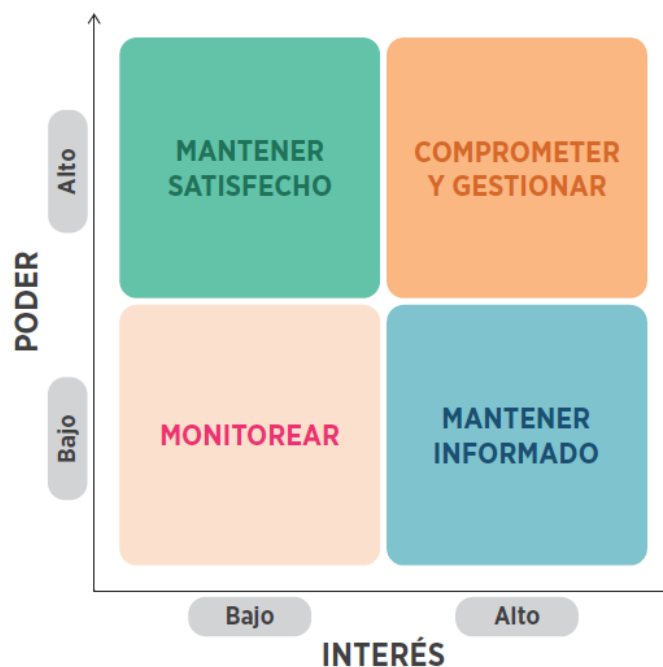


Figura 5. Matriz interés-influencia<sup>9</sup>.

## Identificación de necesidades locales

Al identificar las necesidades que pueden ser cubiertas por un sistema de energía distrital es más fácil encontrar los instrumentos, estrategias o políticas que deben modificarse con el objetivo de promover la aparición de estos sistemas. Algunas necesidades como ejemplo:

- Reducir emisiones de gases de efecto invernadero y forzantes climáticos como el carbono negro;
- Reemplazar combustibles fósiles por recursos energéticos locales;
- Reducir emisiones de Material Particulado;
- Reducir emisiones de gases refrigerantes HCFC y HFCs;

<sup>9</sup> Fuente: Guía para los Gobiernos Locales y Regionales (Mellado, Riquelme, Lapuente, Riobó, et al., 2022).



- Mejorar la salud de la población y reducir la vulnerabilidad en niños y niñas, mujeres y adultos mayores;
- Mejorar el acceso a la energía (acceso y menores costos de calefacción y enfriamiento);
- Superar la pobreza energética (confort térmico y acceso a agua caliente sanitaria);
- Reducir el estrés eléctrico (y cortes de suministro) por uso de aires acondicionados;
- Promover la autonomía y resiliencia de los sistemas;
- Disminuir la variabilidad de los precios de la energía para los ciudadanos;

Dependiendo del caso, uno o más de estas necesidades puede ser más fuerte que el resto y ser la principal motivación para desarrollar un proyecto.

## Integración de la energía distrital en los objetivos, políticas, y estrategias locales

A partir de las estrategias a nivel nacional o regional que puedan tener ya integrada la energía distrital dentro de sus objetivos, es posible utilizarlas como paraguas para agregar un objetivo a nivel local en la temática.

A continuación se presenta un listado a modo de ejemplo.



NACIONAL	REGIONAL	LOCAL
Política Energética Nacional	Políticas Energéticas Regionales	Estrategias Energéticas Locales
Política Energética de Largo Plazo	Estrategia Regional de Desarrollo	Planes locales de Cambio Climático
Estrategia de Transición Energética Residencial	Planes Sectoriales del Plan Nacional de Adaptación al Cambio Climático	Plan de Desarrollo Comunal
Estrategia Climática de Largo Plazo	Programa de Mejoramiento de Viviendas y Barrios – MINVU	Planes de Descontaminación Atmosférica
Plan Nacional de Eficiencia Energética	Otros	Otros
Estrategia Nacional de Calor y Frío		
Contribución Determinada a Nivel Nacional (NDC) de Chile		
Otros		

Figura 6. Instrumentos que pueden estar alineados con el desarrollo de la energía distrital<sup>10</sup>.

## Planificación

Planificar la energía distrital en una localidad es básico para que pueda concretarse un sistema. Así, se recomienda seguir con algunos pasos para esto, los cuales se detallan a continuación.

### Mapas de calor

Los mapas de calor son una herramienta que permite visualizar de manera rápida las zonas con mayor demanda de energía térmica dentro de un área urbana, o la densidad de demanda térmica, incluyendo calefacción, agua caliente sanitaria y refrigeración. El estudio Heat Roadmap Chile generó mapas de calor para las principales ciudades de Chile, incluyendo las comunas de Concepción (ver Figura 7) y Chillán. La metodología aplicada se puede replicar a cualquier localidad de Chile.

<sup>10</sup> Fuente: Guía para los Gobiernos Locales y Regionales (Mellado, Riquelme, Lapuente, Riobó, et al., 2022).





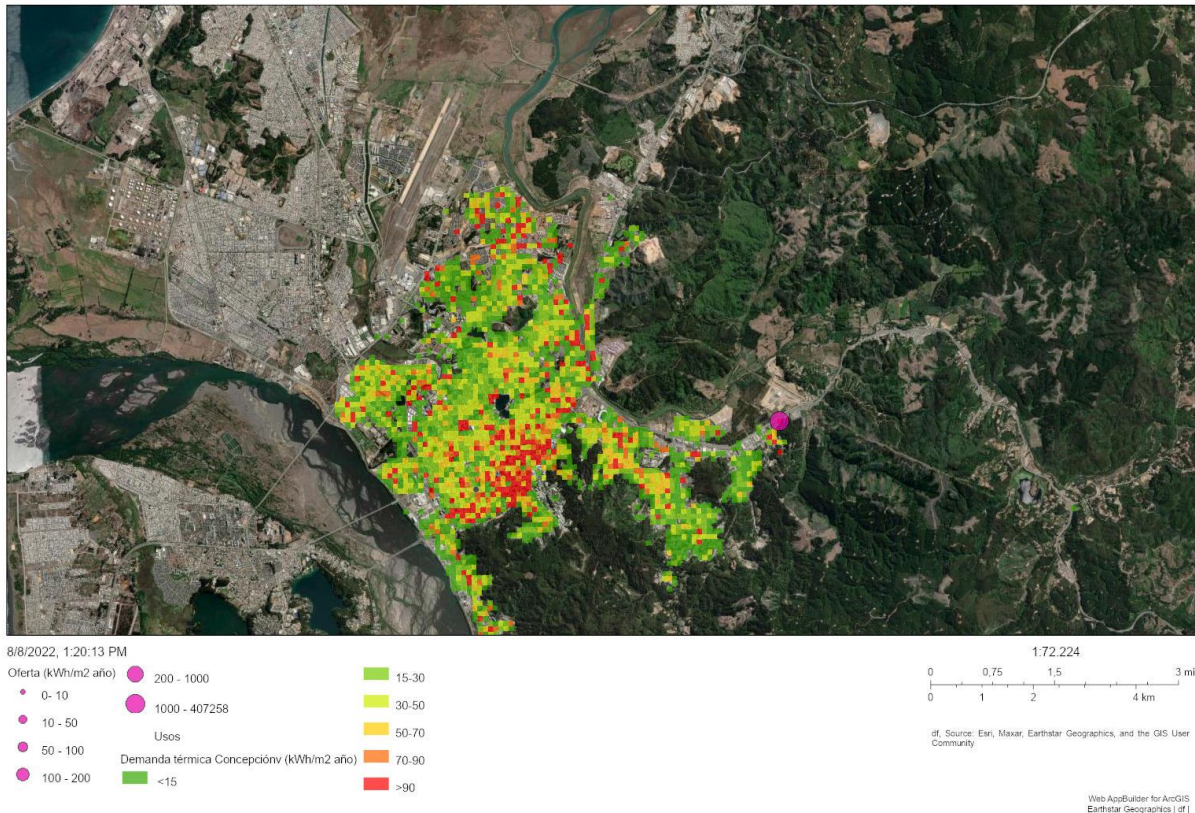


Figura 7. Mapa de calor para la comuna de Concepción<sup>11</sup>.

Esto permite detectar las zonas con un potencial mayor para desarrollar un proyecto, ya que al ser mayor la densidad de demanda energética, mayor es la viabilidad económica de la energía distrital.

## Estimación de la demanda térmica

De manera más detallada, se puede estimar la demanda térmica a nivel de edificación una vez detectadas las zonas de mayor potencial. Para esto se puede estimar con supuestos o fuentes de información secundaria como estudios, o a partir del consumo real de energía de los edificios, a través del estudio de las boletas o cuentas asociadas.

## Plan maestro de energía distrital

El plan maestro detalla el desarrollo de un proyecto en una zona específica por fases, entregando información sobre qué tecnologías utilizar, qué zonas abordar, clientes clave

<sup>11</sup> Fuente: Plataforma Mapas de Calor: Energía Distrital. Obtenido de <https://arcgis2.minenergia.cl/portal/apps/webappviewer/index.html?id=8000c7c06f3a4aafb2fdb826b93fdcf9>



específicos, tamaño de las instalaciones, y cómo se puede expandir el proyecto en el tiempo. Es una hoja de ruta que sirve como guía para el desarrollo del proyecto en la localidad. Un ejemplo es el plan maestro para Temuco (Aguasol LATAM, 2020).

## Análisis y habilitación del uso de suelo

Para que se instale una central térmica, es necesario contar con un uso de suelo de “infraestructura energética” en caso que se quiera conectar a edificios fuera de un terreno privado, o en su defecto asimilarlo a “actividades productivas” en uso de suelo industrial, siempre y cuando sean calificadas con menor riesgo al permitido<sup>12</sup>. Para el caso de las redes de distribución, siempre se considerarán admitidas.

Si se detectara una zona de alto potencial que no tiene el uso de suelo especificado, se puede:

- Actualizar el Plan Regulador Comunal (PRC): se realiza a través de la Secretaría de Planificación Comunal (SECPLA). Si bien puede demorar años, es importante adelantarse en el proceso y hacerlo una vez se tengan identificadas las zonas a priorizar con los pasos anteriores.
- Incorporar el cambio de uso de suelo en las modificaciones actualmente en trámite si es posible.
- En caso de que la comuna no tenga un PRC, incorporar este uso de suelo explícitamente, ya que en caso contrario se asume que no está permitido.

## Estudios de preinversión

Luego de la etapa de planificación se pueden iniciar estudios específicos técnicos y también normativos. Una vez completados se podrá avanzar con la fase de inversión y construcción.

## Análisis rápidos

Es un estudio donde se estima:

- Demandas térmicas de calefacción y agua caliente sanitaria;
- Potencia de generación del sistema;
- Disminución de emisiones contaminantes; y

---

<sup>12</sup> Circular Ord. N°345, DDU 459 de fecha 12 de agosto de 2021. Obtenida de <https://www.minvu.gob.cl/wp-content/uploads/2019/06/DDU-459.pdf>



- Rentabilidad económica y comparación con sistemas individuales.

Existe una herramienta Excel<sup>13</sup> que permite hacer estas estimaciones de manera sencilla, en conjunto con un manual de usuarios<sup>14</sup>. Usualmente estos estudios duran alrededor de 4 meses y los resultados si bien no son tan precisos, permiten conocer los niveles de magnitud asociados al proyecto, entregando un buen indicador sobre si vale la pena seguir profundizando o no.

## Prefactibilidad

En este estudio se define:

- Objetivos, alcances, barreras y liderazgo del proyecto;
- Potenciales zonas para suministrar calor, incluyendo clientes clave o ancla;
- Categorías y características de los clientes;
- El primer “layout” o plano simplificado de la planta energética y de opciones de recorridos de la red de distribución;
- Principales indicadores económicos de manera más precisa que en el paso anterior.

La conclusión de este estudio deberá ser clara en cuanto a seguir con el proyecto o no, en el contexto de su viabilidad económica, social, y ambiental.

## Factibilidad

En esta etapa se detallan aún más las características del sistema en estudio, incluyendo:

- Disponibilidad real del recurso energético, incluyendo la seguridad del suministro;
- Temperaturas de suministro;
- Trazado, especificaciones técnicas, y costos de la red de distribución;
- Detalles de condiciones de conexión para clientes clave;
- Evaluación de clientes pequeños;
- Contratos preliminares con clientes clave;
- Definición del área de suministro de calor con todos los clientes;
- Costo de generación de energía térmica;
- Tarifas detalladas;
- Análisis económico de mayor precisión.

---

<sup>13</sup> Obtenida de:

<https://docs.google.com/spreadsheets/d/1E9yqFbkUOr6smCQw20hGKSCmrqyxR0GQ/edit#gid=21265624>

<sup>14</sup> Obtenido de: [https://drive.google.com/file/d/1dQgqYuWccEDNvn9QAloAIO8lwRDL2\\_vE/view?usp=sharing](https://drive.google.com/file/d/1dQgqYuWccEDNvn9QAloAIO8lwRDL2_vE/view?usp=sharing)





## Análisis normativo

En paralelo a los análisis técnicos se debe llevar a cabo un estudio normativo que permita:

- Identificar que exista el uso de suelo requerido para emplazar la central térmica;
- Identificar y vincularse con las áreas técnicas relacionadas al proceso regulatorio;
- Identificar barreras y riesgos regulatorios.

Para mayor información, revisar las guías normativas de la Agencia de Sostenibilidad Energética (Ministerio de Energía & Agencia de Sostenibilidad Energética, 2020c, 2020a, 2020b)<sup>15</sup>.

## Construcción

El rol del municipio en esta etapa es clave ya que entregará el permiso de edificación respectivo, en caso que el proyecto sea ejecutado por un privado. Si es un proyecto público, no hay necesidad de un permiso de edificación, pero sí de cumplir con la regulación urbanística y con lo que dispongan los distintos instrumentos de planificación territorial.

La construcción finaliza con la recepción final de la obra por parte de la Dirección de Obras Municipal, y la aprobación según cumplimiento con los permisos sectoriales, incluyendo los ambientales. Para proyectos públicos no es necesario contar con la recepción, pero sí cumplir con los permisos sectoriales respectivos.

## Operación

La operación se inicia con la puesta en marcha, para hacer una serie de pruebas del sistema. Incluso, se realiza antes de la reposición del pavimento por donde pasan las redes, en caso de existir averías y de necesitar por lo tanto hacer reparaciones. En este proceso se deberá completar una serie de documentos que respalden un apropiado funcionamiento del sistema.

Luego, durante uno o dos años de funcionamiento, se realiza una optimización de la operación mejorando los parámetros de control y regulación del sistema, recopilando datos durante este tiempo, lo que permitirá hacer los ajustes necesarios.

---

<sup>15</sup> <https://www.agenciase.org/energia-distrital/>



# Propiedad de los sistemas

Existen diversas maneras en que los sistemas de energía distrital pueden ser financiados y operados desde el punto de vista de la propiedad. A continuación se describen los principales para el contexto de la región del Biobío.

## Público

En este esquema, el financiamiento, desarrollo y la operación están a cargo de uno o más organismos públicos. De todas maneras, los aspectos técnicos del desarrollo del proyecto y de la operación pueden ser tercerizados a empresas privadas.

## Privado

En este modelo, empresas del sector privado son dueñas y operadoras del sistema, obteniendo utilidades con las que financian la inversión del sistema. En este esquema el sector público cumple el rol de regulador y de otorgar los permisos pertinentes.

## Concesión

En este esquema el dueño del sistema son organismos públicos, pero la inversión, el desarrollo y la operación del proyecto está a cargo de un ente privado. Esto se puede ejecutar con alguno de los siguientes instrumentos normativos:

1. Ley de concesiones del Ministerio de Obras Públicas (MOP);
2. Ley Orgánica Constitucional de Municipios, la cual detalla la figura de las Concesiones Municipales;
3. Ley de Financiamiento Urbano Compartido, la cual establece que SERVIU y municipios pueden concesionar la ejecución, operación y mantenimiento de un proyecto en un Bien Nacional de Uso Público.

## Cooperativa

El esquema de cooperativa implica que los mismos usuarios son los dueños del sistema de energía distrital y es controlado de manera democrática. La motivación principal es



satisfacer las necesidades de los usuarios, y los excedentes de la operación generados se pueden devolver a los mismos usuarios/dueños de manera proporcional al consumo energético.

# Ejemplos de sistemas

## En Chile

### Santiago - Torres San Borja

El ejemplo más característico es el del sistema de las Torres de San Borja en la comuna de Santiago, el cual fue construido en 1972. Son alrededor de 1.500 departamentos conectados, recibiendo calefacción en invierno y agua caliente durante todo el año. Funciona con chips de madera, y tiene un sistema de filtros para evitar contaminar el aire.





Figura 8. Torres de San Borja<sup>16</sup>.

## Temuco - Condominio Frankfurt

El año 2009 el condominio Frankfurt desarrolló un sistema de energía distrital con bombas de calor agua-agua para 34 casas, en combinación con viviendas con un estándar de aislación particularmente alto para Chile (27 kWh/m<sup>2</sup>-año). Esto permite utilizar agua a bajas temperaturas (42°C) para el circuito, y ahorrar hasta un 90% en costos de operación en comparación con una alternativa convencional (EBP Chile SpA AG, 2018).

## Extranjero

En el hemisferio norte existen cientos de proyectos exitosos, pero aquí mencionamos algunos de los más interesantes.

## Vancouver, Canadá - Energía de aguas servidas<sup>17</sup>

---

<sup>16</sup> Autor: Riissu, bajo licencia CC BY-SA4.0

<sup>17</sup> Video *District heating with sewage heat recovery* (Green Energy Futures, 2013).



En la ciudad de Vancouver existe un sistema de energía distrital que usa el calor existente en las aguas servidas de los ciudadanos. Esa energía es gratis, y se desperdicia diariamente si no se utiliza. Con la ayuda de la tecnología y usando electricidad, se logra obtener el calor y enviarlo a los edificios que están conectados. Esto es una excelente alternativa ya que no tiene emisiones contaminantes asociadas en la ciudad, y es un ejemplo de cómo la energía distrital puede ser usada para mejorar la eficiencia energética.



Figura 9. Olympic Village en Vancouver<sup>18</sup>.

## Botosani, Rumania - Menor gasto para las familias<sup>19</sup>

Botosani es una ciudad de Rumania con alrededor de 115.000 habitantes donde los ciudadanos reciben calefacción y agua caliente sanitaria del sistema. Funciona con una tecnología de cogeneración, en donde además de calor se genera electricidad. Esta tecnología de cogeneración ya existe en Chile, y las grandes plantas de celulosa lo usan ya que mejora mucho la eficiencia y consiguen ahorrar costos de energía eléctrica.

---

<sup>18</sup> Obtenida de <https://vancouver.ca/home-property-development/developers-designers-builders.aspx>

<sup>19</sup> Obtenido de la Guía de Beneficios de conectarse a una red de Energía Distrital (Mellado, Riquelme, Lapuente, Soubelet, et al., 2022)





*Figura 10. Planta de cogeneración en Botosani, Rumania.*

En Botosani se realizó un programa de eficiencia energética en viviendas, por lo que los ciudadanos consumen menos energía y la calefacción les resulta más económica que antes.

## París, Francia – Ciudad accionista

En Francia el sistema de energía distrital tiene casi 100 años de antigüedad, conectando a 500.000 hogares, todos los hospitales de la ciudad, la mitad de todas las unidades de vivienda social, y la mitad de todos los edificios públicos, interconectando a 13 ciudades incluyendo París.





Un hecho interesante es que París maneja el 33% de las acciones de la empresa que provee el servicio de calefacción lo que le permite tener incidencia sobre decisiones. Actualmente, el foco está en la reducción de emisiones de CO2 a través de la integración de fuentes de energía renovable.

39% de la energía base viene de la incineración de residuos sólidos, pero además cuenta con sistemas de cogeneración a gas, y uso de combustibles fósiles. A futuro se piensa incorporar biomasa dentro de su mix.

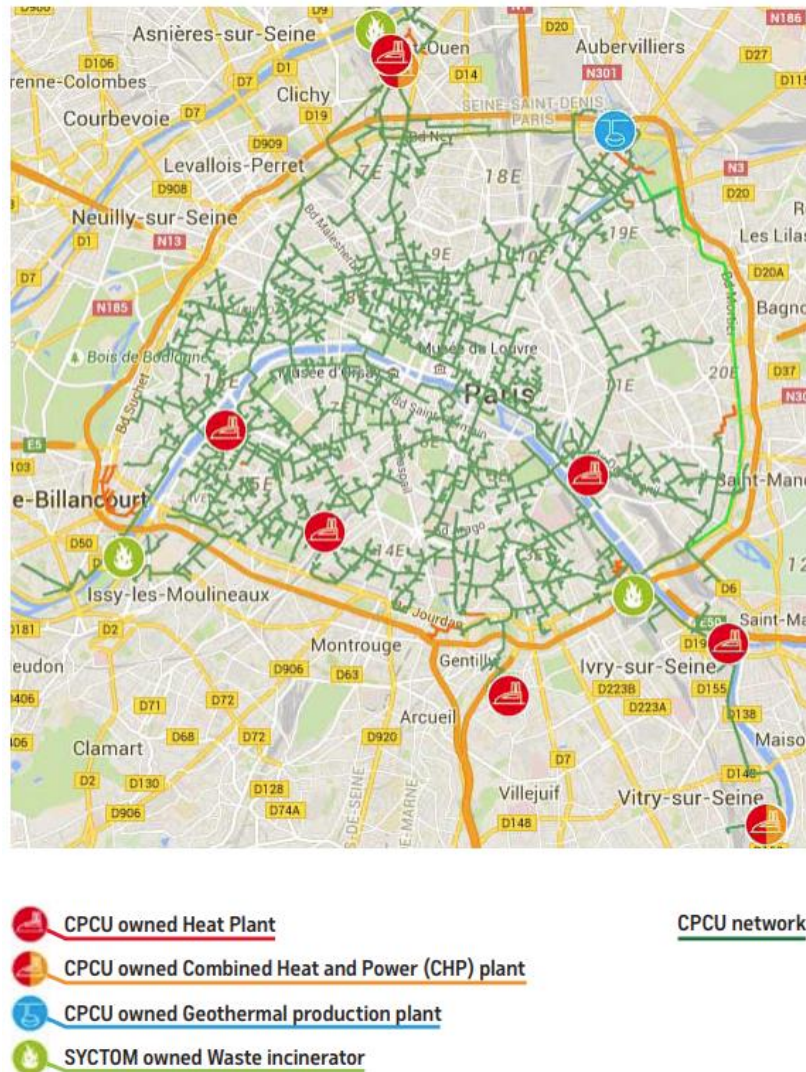


Figura 11. Mapa de la red de energía distrital de París de la CPCU<sup>20</sup>.

<sup>20</sup> Fuente: District Energy in Cities - Paris Case Study (Riahi, 2015)



# CONCLUSIONES

La energía distrital es una alternativa prometedora para solucionar diversos problemas que trae el consumo de energía térmica en la región del Biobío, incluyendo emisiones de gases de efecto invernadero y el uso ineficiente de recursos energéticos. La región tiene muchas de las características que ayudan al desarrollo de esta tecnología, incluyendo ciudades con alta densidad poblacional, presencia de industrias con procesos térmicos que se pueden aprovechar en las cercanías de potenciales clientes, entre otros.

Sin embargo, al ser todavía una tecnología incipiente en el país se debe involucrar a una serie de actores, tanto del sector público como privado para que se coordinen y se alineen las necesidades y objetivos buscados con el desarrollo de estos sistemas. Si bien existe una diversidad de desafíos, en Chile se está dando énfasis a que se desarrollen estos sistemas que traen consigo diversos beneficios en el ámbito social, ambiental y económico. Se han definido los pasos a seguir, en conjunto con las normativas que acompañan el proceso de desarrollo de estos sistemas, por lo que hoy en día existe claridad para dar el paso hacia adelante en la construcción de sistemas que entreguen un servicio de calidad, no contaminen, y que empujen el desarrollo de la región.





# BIBLIOGRAFÍA

Acuña, C., Ramírez, M., Ivancic, A., Vargas, D., Yáñez, X., Bravo, C., González, A., Luz

Tranamil, Y., Ortiz, C., Soto, S., Pintor, N., Pino, P., & González i Castellví, D. (2019).

*Evaluaciones rápidas de energía distrital*. Ministerio del Medio Ambiente.

<http://catalogador.mma.gob.cl:8080/geonetwork/srv/spa/resources.get?uuid=c6163388-d521-42cc-ae3e-9dce601ae50b&fname=18P011.0.26%20Informe%20Final%20Sin%20Anexos%203.0.pdf&access=public>

Aguasol LATAM. (2020). *Plan Maestro para el Desarrollo de la Energía Distrital en Temuco 2020-2050*.

<https://www.districtenergyinitiative.org/sites/default/files/publications/plan-maestro-energia-distrital-temucofinal-06042021743.pdf>

EBP Chile SpA AG. (2018). *Manual de desarrollo de proyectos de energía distrital*. Ministerio de Energía.

[https://www.energia.gob.cl/sites/default/files/manual\\_de\\_energia\\_distrital\\_diciembre2018.pdf](https://www.energia.gob.cl/sites/default/files/manual_de_energia_distrital_diciembre2018.pdf)

Green Energy Futures (Director). (2013). 28. *Vancouver—District heating with sewage heat recovery*. <https://www.youtube.com/watch?v=HYw8qdGTpsw>

Mellado, F., Riquelme, R., Lapuente, P., Riobó, C., Berríos, J. P., & Ramírez, D. (2022). *Guía para Los Gobiernos Locales y Regionales: 5 pasos para impulsar proyectos de energía distrital*. Ministerio de Energía.



<https://drive.google.com/file/d/1T08XLOHAr371Cn8y5FsdHW4OPRduTUhK/view?usp=sharing>

Mellado, F., Riquelme, R., Lapuente, P., Soubelet, J., Riobó, C., & Berríos, J. P. (2022). *Guía para los usuarios finales—Beneficios de conectarse a una red de energía distrital*. Ministerio de Energía.

<https://drive.google.com/file/d/1q5FOGgELeauxY8ENcYcEa4JucyZANviT/view?usp=sharing>

Ministerio de Energía & Agencia de Sostenibilidad Energética. (2020a). *Proyectos de energía distrital: Guía normativa para alianzas público privadas*.

<https://www.agenciase.org/wp-content/uploads/2021/02/Guia-Normativa-para-Alianzas-Publico-Privadas.pdf>

Ministerio de Energía & Agencia de Sostenibilidad Energética. (2020b). *Proyectos de energía distrital: Guía normativa para el ámbito municipal*. <https://www.agenciase.org/wp-content/uploads/2021/02/Guia-Normativa-para-el-Ambito-Municipal.pdf>

<https://www.agenciase.org/wp-content/uploads/2021/02/Guia-Normativa-para-el-Ambito-Municipal.pdf>

Ministerio de Energía & Agencia de Sostenibilidad Energética. (2020c). *Proyectos de energía distrital: Guía normativa para la obtención de permisos*.

<https://www.agenciase.org/wp-content/uploads/2021/02/Guia-Normativa-para-la-Obtencion-de-Permisos.pdf>

Ortiz Vásquez, S., Arrué Rodríguez, R., & Zurita, V. (2015). *Guía didáctica para docentes sobre Eficiencia Energética en Educación Básica*. Agencia Chilena de Eficiencia Energética.

<https://drive.google.com/open?id=1d5WHfaqjq3jmQT00rWCPfPokpoeMa9oJ>



Revesz, A., Jones, P., Dunham, C., Riddle, A., Gatensby, N., & Maidment, G. (2022). Ambient loop district heating and cooling networks with integrated mobility, power and interseasonal storage. *Building Services Engineering Research and Technology*, 43(3), 333–345. <https://doi.org/10.1177/01436244221085921>

UDT. (2017). *Estudio para la Identificación de Calor Residual para Proyectos de Calefacción Distrital Ubicados en el Área Metropolitana de Concepción*. Ministerio de Energía. <http://catalogador.mma.gob.cl:8080/geonetwork/srv/spa/resources.get?uuid=df262e97-260c-4e72-8cfa-7419fbbdc8&fname=Estudio%20para%20identificaci%C3%B3n%20de%20calor%20residual%20para%20proyectos%20de%20calefacci%C3%B3n%20distrital%20ubicados%20en%20el%20%C3%A1rea%20metropolitana%20de%20Concepci%C3%B3n.pdf&access=public>

