

15

NOTA TÉCNICA
ENERO DE 2026

olacde

ORGANIZACIÓN
LATINOAMERICANA Y
CARIBEÑA DE ENERGÍA

LATIN AMERICAN AND
CARIBBEAN ENERGY
ORGANIZATION

ORGANIZAÇÃO
LATINO-AMERICANA E
CARIBENHA DE ENERGIA

ORGANISATION
LATINO-AMERICAINE ET
CARIBÉENNE D'ÉNERGIE



NOTA TÉCNICA N° 15

ENERGÍA DISTRITAL, AVANCES EN CHILE Y COLOMBIA



copenhagen
climate centre



ORGANIZACIÓN DE LAS AMÉRICAS LATINAS
Y EL CARIBE PARA EL DESARROLLO INDUSTRIAL



Este documento fue preparado bajo la dirección de
Organización Latinoamericana y Caribeña de Energía – OLACDE

Andrés Rebolledo Smitmans

Secretario Ejecutivo

Fitzgerald Cantero Piali

Director de Estudios Proyectos e Información

Elaborado por:

Ministerio de Energía de Chile

Oficina Nacional de Energía Distrital (ONED) de la Agencia de Sostenibilidad Energética de Chile

Felipe Mellado – Coordinador de Energía Distrital, Ministerio de Energía de Chile
Camila Vergara – Jefa de área de Infraestructura Local y Edificaciones, Agencia de Sostenibilidad Energética

Pilar Lapuente - Project Manager, Oficina Nacional de Energía Distrital
Nicolás Hurtado - Ingeniero Senior, Oficina Nacional de Energía Distrital

Programa Global Distritos Energéticos (GEDP) de la Organización de las Naciones Unidas para el Desarrollo Industrial (ONUDI)

Cristina Mariaca, Coordinadora Estratégica Internacional, GEDP
Angélica Antolínez, Coordinadora Nacional GEDP Colombia

**Asociación Colombiana de Acondicionamiento del Aire y de la Refrigeración (ACAIRE)
Centro de Investigación y de Desarrollo de Acondicionamiento de Aire y de la Refrigeración (CIDARE)**

Bolívar Monroy – Director Técnico ACAIRE
Julián Velosa – Coordinador técnico CIDARE

Enero 2026

Contenido

Aclaración	6
1. Introducción	7
2. Energía Distrital: Conceptos y consideraciones	8
2.1. Calefacción distrital	9
2.2. Enfriamiento distrital	10
2.3. Evolución tecnológica.....	11
2.3.1. Calefacción distrital	12
2.3.2. Enfriamiento distrital	13
2.4. Modelos de negocio aplicables	13
2.4.1. Modelo totalmente público.....	13
2.4.2. Modelo totalmente privado	14
2.4.3. Modelo mixto o público - privado	15
2.4.4. Modelo cooperativo	15
2.5. Consideraciones para la implementación de un proyecto de Energía Distrital	16
2.5.1. Identificación de la zona potencial de desarrollo del proyecto	16
2.5.2. Ingeniería conceptual y factibilidad preliminar	17
2.5.3. Identificación de fuentes primarias de energía.....	18
2.5.4. Caracterización de clientes ancla o clientes claves	19
2.5.5. Evaluación de la viabilidad e impactos	20
2.5.6. Modelo financiero y propuesta comercial.....	20
2.5.7. Modelo financiero y propuesta comercial.....	21
3. Evolución de la Energía Distrital en Chile.....	21
3.1. Sector de climatización en Chile.....	22
3.2. Contexto normativo de la Energía Distrital en Chile.....	23
3.3. Evolución de la Energía Distrital en Chile	24
4. Evolución de los Distritos Energéticos en Colombia.....	25
4.1. Sector de climatización en Colombia.....	26
4.2. Contexto normativo de los Distritos Energéticos en Colombia.....	27
4.3. Evolución de los Distritos Energéticos en Colombia	29
5. Principales barreras que se tienen en Chile y Colombia	30
5.1. Regulatorias	30
5.2. Financieras	31

5.3.	Técnicas.....	31
5.4.	Institucionales	32
6.	Oportunidades para Chile y Colombia	32
6.1.	Integración con eficiencia energética en edificaciones	33
6.1.1.	Oportunidades en Chile	33
6.1.2.	Oportunidades en Colombia	35
6.2.	Potencial de mercado.....	35
6.2.1.	Oportunidades en Chile	36
6.2.2.	Oportunidades en Colombia	36
7.	Conclusiones	37
8.	Referencias	39

Índice de tablas

Tabla 1. Datos clave del distrito térmico de enfriamiento La Alpujarra. Fuente: Distritos térmicos: Guía metodológica, 2019.....	11
Tabla 2. Normativa en Colombia relacionada con los distritos energéticos.....	28

Índice de figuras

Figura 1. Comparativo entre las distintas generaciones de energía distrital. Fuente: 4th Generation District Heating (4GDH): Integrating smart thermal grids into future sustainable energy systems.....	11
Figura 2. Sistema energético a nivel de distrito que muestra múltiples usuarios finales y la entrada y acumulación de calor por fuente. Riahi, L. (2015).....	13
Figura 3. Características de una zona de alto potencial para distrito energético	17
Figura 4. Características de los usuarios finales clave	20
Figura 5. Consumo de energía en GWh para el sector residencial. Fuente: Análisis de la demanda de enfriamiento y de su potencial de flexibilidad en Colombia UK PACT (2023)	26
Figura 6. Consumo de energía en GWh para el sector terciario. Fuente: Análisis de la demanda de enfriamiento y de su potencial de flexibilidad en Colombia UK PACT (2023)	27

Figura 7. Consumo de energía en GWh para el sector industrial. Fuente: Análisis de la demanda de enfriamiento y de su potencial de flexibilidad en Colombia UK PACT (2023)	27
Figura 8. Plan de macrouurbanización de Talca. Fuente: Seremi de Vivienda y Urbanismo Región del Maule - SERVIU Maule.	34
Figura 9. Metas PAI-PROURE 2022-2030. Fuente UPME	35

Aclaración

El concepto de Energía Distrital proviene de la traducción literal del término en inglés District Energy. Según la literatura internacional, la Energía Distrital engloba los conceptos de District Heating y District Cooling, los que traducidos al español corresponderían a calefacción distrital y enfriamiento o refrigeración distrital.

Para un mejor entendimiento de la temática que abordará la presente nota técnica, se genera el siguiente apartado para aclarar cómo este concepto ha sido manejado, aplicado y evolucionado en Chile y Colombia.

En el caso de Chile la principal motivación para promover la energía distrital radica en el mejoramiento del sector de calefacción por lo que se posicionó el concepto de “calefacción distrital”. Incluso, en algunos documentos de política pública y de índole normativo se define explícitamente la calefacción distrital y fue con el paso de los años que se comenzó a introducir el término energía distrital, de la mano de la creación de la Unidad de Geotermia y Energía Distrital del Ministerio de Energía. Con esta introducción semántica del concepto en Chile de Energía Distrital, se siguió trabajando fuertemente en presentar a la energía distrital como una alternativa para el mejoramiento del sector de calefacción, pero también los esfuerzos comenzaron a incluir el enfriamiento o la refrigeración, abarcando así el amplio rango de beneficios de la provisión de calor o frío. Es pertinente aclarar de igual forma, que, al tratarse de la infraestructura necesaria para la aplicación de la energía distrital en las ciudades, en Chile suele utilizarse el concepto de Sistema de Energía Distrital.

En el caso de Colombia, el origen de la estrategia para promover los distritos energéticos nace de la necesidad de proveer un servicio tercerizado de enfriamiento para edificaciones con alto consumo de energía, así como medida de promoción de la eliminación del uso de sustancias agotadoras de la capa de ozono – SAO en los sistemas de enfriamiento. De esta manera el concepto “distritos térmicos” se introduce de manera rápida en la normativa colombiana como la infraestructura para la producción y distribución de energía térmica como uso final, estableciendo un modelo comercial innovador en el cual se involucra un proveedor de servicios energéticos y al menos un cliente. El avance del mercado de distritos térmicos en Colombia, con 6 sistemas en operación actualmente, ha permitido evolucionar el término a “distritos energéticos”, entendiéndolos como infraestructuras que suministran múltiples servicios energéticos (por ejemplo, vapor, energía eléctrica, gases de procesos industriales) adicionales al frío y el calor. Actualmente, Colombia cuenta con distritos energéticos en operación y se planea la construcción de nuevos proyectos a mediano plazo. Por lo anterior, en Colombia el concepto usado a nivel comercial e institucional es “distritos energéticos”.

Así, a lo largo del documento serán nombrados los términos Energía Distrital, Distritos Energéticos y Distritos Térmicos, para referirse a la materia de la nota técnica, mientras que, para referirse a la infraestructura o desarrollos específicos, serán nombrados como proyectos o sistemas.

1. Introducción

En 2013, ONU Medio Ambiente inició una investigación y encuestas en ciudades con bajas emisiones de carbono en todo el mundo para identificar los factores clave que explican su éxito en la ampliación de la eficiencia energética y el uso de energías renovables, así como en el cumplimiento de metas de emisiones nulas o bajas de gases de efecto invernadero. Es así como los sistemas de energía distrital se posicionaron como una de las mejores prácticas para proporcionar un suministro energético local, asequible y con bajas emisiones de carbono, y a diferencia de los sistemas individuales, la calefacción y enfriamiento distrital permitía un uso más eficiente de la energía al reducir pérdidas y aprovechar recursos térmicos locales que de otro modo se desperdiciarían.

El desarrollo de sistemas modernos de energía distrital y asequibles en las ciudades es una de las soluciones más rentables y eficientes para mitigar las emisiones de gases de efecto invernadero y reducir la demanda de energía primaria a nivel mundial. Una transición hacia estos sistemas, combinada con medidas de eficiencia energética, podría contribuir hasta en un 58 % a las reducciones de emisiones de dióxido de carbono (CO₂) en el sector energético para 2050, a fin de mantener el aumento de la temperatura global dentro del rango de 2 a 3 °C.

Pese al enorme potencial que se evidencia en los miles de proyectos en operación en el mundo, la región de Latinoamérica y el Caribe posee un desarrollo incipiente, sin embargo, el potencial de desarrollo de la energía distrital podría iniciar un mercado interesante en países de la región que comparten desafíos energéticos, ambientales, sociales y culturales comunes. Con este objetivo, Chile y Colombia han desarrollado un trabajo estructurado, de más de una década, para avanzar en la implementación de la energía distrital en sus ciudades, abordando temáticas como la regulación, institucionalidad, proyectos demostrativos, difusión y capacitación, lo que puede ser tomado como ejemplo por países vecinos en vías de compartir experiencias y potenciar el desarrollo.

En Chile desde el año 2010 se ha venido evaluando la factibilidad para el desarrollo de proyectos a su vez que generando las condiciones habilitantes para el desarrollo. El trabajo principal de Chile se ha centrado en la calefacción distrital, producto de los desafíos energéticos y ambientales que enfrenta el sector calefacción en las ciudades. Este trabajo ha sido liderado por el Ministerio de Energía de Chile y la Agencia de Sostenibilidad Energética, donde se han podido generar políticas públicas promotoras, estudios técnicos, análisis normativos, fortalecimiento de las capacidades institucionales y se han diseñado e implementado marcos regulatorios para propiciar la implementación de proyectos.

Desde el año 2020 este trabajo se reforzó con la implementación del Programa “Acelerando la inversión en sistemas de energía distrital eficientes y renovables”, financiado por el Fondo para el Medio Ambiente Mundial, bajo el cual fue instaurada la Oficina Nacional de Energía Distrital, como una forma de mejorar la gobernanza y posicionar a esta oficina como un referente técnico para el asesoramiento de proyecto. El día de hoy, se han generado importantes avances en regulación, mejoramiento de la capacidad técnica de las instituciones, concientización ciudadana y demostración de viabilidad de proyectos, hasta el punto de encontrarse en fases de inversión del primer

proyecto piloto para el país impulsado desde el Estado, necesario para demostrar la viabilidad técnica, regulatoria y económica de los proyectos para Chile, que tiene metas ambiciosas de crear un mercado y masificar la conexión de ciudadanos a redes de energía distrital eficientes y sostenibles.

Por su parte, en Colombia desde 2013 se implementa la estrategia de “Distritos Energéticos de Colombia”, el cual ha sido apoyado por la cooperación del Gobierno Suizo y la Organización de Naciones Unidas para el Desarrollo Industrial ONUDI. Esta estrategia, liderada por el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible y el Ministerio de Minas y Energía de Colombia, ha logrado la construcción de un primer distrito piloto de enfriamiento en la ciudad de Medellín operado por Empresas Públicas de Medellín - EPM, desde el año 2016. Esta experiencia, ha aportado al desarrollo de otros cinco proyectos de distritos de enfriamiento actualmente en operación. La estrategia ha enfocado sus esfuerzos en establecer un contexto normativo y regulatorio favorable para el desarrollo de estas infraestructuras, lo que ha contribuido a la generación de capacidades humanas tanto a nivel académico como empresarial e institucional, y ha logrado constituir un nuevo modelo de negocio para el sector de enfriamiento y calefacción en al menos 10 ciudades en Colombia.

Si bien hay avances sustanciales en el desarrollo de proyectos en ambos países, todavía existen brechas importantes para el escalamiento, de manera que hay que tomar ventajas de las oportunidades emergentes. Por ello, es necesario mostrar el atractivo potencial de la región como polo de inversión en cuanto a las crecientes demandas de calefacción y enfriamiento; y en cuanto a las necesidades, también crecientes, de recambios tecnológicos para avanzar en las metas energéticas y ambientales globales.

2. Energía Distrital: Conceptos y consideraciones

La energía distrital a nivel mundial no es un concepto nuevo, de hecho, los primeros vestigios de su desarrollo datan de varios siglos atrás, cuando los romanos desarrollaron sistemas de calefacción colectiva como el *hypocaustum*, en que empleaban sistemas de tuberías para calentar baños públicos e invernaderos, sentando así las bases del concepto de calefacción distrital. Siglos más tarde, en la Francia del siglo XIV, la ciudad de Chaudes-Aigues se convirtió en pionera al utilizar aguas termales naturales para calentar unas 30 viviendas mediante un sistema de distribución geotérmico. Esta experiencia es considerada el primer antecedente real de un sistema de calefacción distrital en el mundo. En Estados Unidos, este concepto tomó forma industrial en el siglo XIX. En 1853, la Academia Naval de Annapolis, Maryland, implementó un sistema de calefacción distrital a vapor, reflejando una creciente necesidad de soluciones centralizadas para grandes instalaciones. Posteriormente, el MIT adoptó una solución similar en 1916, usando vapor generado por carbón al trasladarse a Cambridge, Massachusetts.

No obstante, fue en 1877 cuando nació la calefacción distrital moderna, gracias al ingeniero Birdsill Holly, quien lanzó el primer sistema comercialmente exitoso en Lockport, Nueva York. Este modelo consolidó la idea de una red urbana centralizada de

calefacción como servicio. En paralelo al calor, el desarrollo del frío distrital inició con el primer sistema en USA a finales del siglo XIX.

La energía distrital moderna es una alternativa que permite la diversificación energética que, si bien pueden ser diseñados los proyectos con energías convencionales, tiene la ventaja de poder alimentarse de energías residuales de otros procesos, de gradientes de temperatura provenientes de los recursos naturales y por supuesto de las energías renovables disponibles en un territorio determinado.

A continuación, se presentan las definiciones de calefacción y enfriamiento distrital desde los conceptos más modernos.

2.1. Calefacción distrital

La calefacción distrital corresponde a un sistema centralizado que genera calor en una planta térmica y lo distribuye en forma de agua caliente a través de una red de tuberías subterráneas y aisladas, que abastecen del servicio de calefacción o agua caliente sanitaria a múltiples edificios que lo requieran. Este calor puede generarse a partir de diversas fuentes, incluyendo calor residual industrial, energía geotérmica, biomasa, calor de plantas de cogeneración (CHP) o incluso incineración de residuos. A diferencia de los sistemas individuales, la calefacción distrital permite un uso más eficiente de la energía al reducir pérdidas y aprovechar recursos térmicos locales que de otro modo se desperdiciarían. Según el informe de ONU Medio Ambiente llamado *District Energy in Cities: Unlocking the Potential of Energy Efficiency and Renewable Energy*, este tipo de infraestructura energética es clave para lograr ciudades más sostenibles y resilientes, ya que mejora la eficiencia energética, permite la integración de energías renovables, reduce emisiones contaminantes, y ofrece una solución efectiva para enfrentar el estrés energético, la contaminación local y los desafíos del cambio climático en entornos urbanos. Según la Asociación Internacional de Energía Distrital (IDEA), su implementación también ofrece precios más estables a los consumidores, y dado que la energía térmica se entrega como servicio, los usuarios evitan instalar costosas calderas y se ahorran los costos asociados a operación, mantenimiento, reparación y reemplazo. La ventaja clave es que al conectar múltiples edificios a un sistema distrital se generan economías de escala.

Caso de éxito de Chile: Condominio Frankfurt

En la ciudad de Temuco, Región de la Araucanía, a aproximadamente 670 kilómetros de Santiago, son más de 90.000 las viviendas que utilizan leña como combustible para calefaccionar y en su gran mayoría estas casas tienen una demanda energética muy elevada debido a su mala envolvente térmica, provocando emisiones contaminantes al aire. El Condominio Frankfurt cuenta con una central distrital geotérmica que consta de dos bombas de calor del tipo agua - agua de 70kW térmicos cada una y un COP de 5, para generar calefacción y agua caliente sanitaria para 34 viviendas. Este condominio tiene una red para el agua caliente para calefacción, que la distribuye de 38 a 40°C de temperatura y otra red de agua caliente sanitaria cuya temperatura de distribución es de 45°C y temperatura de desinfección sanitaria a 65°C, cada 7 días, lo cual se hace con el apoyo de resistencias eléctricas. Según estudios realizados al proyecto, para la evaluación de la demanda energética de una vivienda del condominio Frankfurt en comparación con una vivienda de referencia, la primera tiene una demanda de 27

kWh/m² año mientras que la vivienda de referencia que cumple la Normativa Térmica Chilena 2007 tiene una demanda de 206 kWh/m² año, con lo cual se tiene un ahorro de un 87%. Al comparar con una vivienda construida antes del 2007, cuya demanda térmica se estima en 300 kWh/m² año el ahorro es aún mayor. Lo anterior revela la importancia de contar con una adecuada aislación térmica en el consumo energético de las edificaciones, donde en este caso, pudo incorporarse una tecnología de punta para el abastecimiento de calefacción y agua caliente sanitaria.

2.2. Enfriamiento distrital

Similar a la calefacción distrital, consiste en un sistema centralizado que distribuye agua fría a múltiples edificios a través de una red de tuberías subterráneas, la cual es usada para climatizar espacios interiores de manera eficiente. Esta tecnología permite sustituir numerosos sistemas de aire acondicionado individuales, los cuales son generalmente menos eficientes y altamente demandantes de electricidad.

Según el informe de ONU Medio Ambiente, el enfriamiento distrital puede utilizar refrigerantes con menor impacto ambiental, incluso pudiendo utilizar diversas fuentes sostenibles de frío, como los sistemas de absorción a partir de calor residual, agua de mar, lagos, o almacenamiento térmico (bancos de hielo) durante la noche. Su implementación resulta clave en la adaptación al cambio climático, especialmente en ciudades que enfrentan olas de calor cada vez más intensas, por lo que representa una solución viable para las zonas urbanas densamente pobladas en climas cálidos. Además, contribuye significativamente a la reducción del consumo eléctrico en horas de mayor demanda, disminuyendo el riesgo de sobrecargas en la red. Por su eficiencia energética, capacidad de integración con energías renovables y beneficios ambientales, el enfriamiento distrital es considerado una herramienta fundamental para el desarrollo urbano sostenible.

Agrupar la demanda de frío de una red de edificios, el enfriamiento distrital genera una economía de escala que mejora la eficiencia, equilibra las cargas eléctricas y reduce los costos de combustible. Además, las plantas centralizadas evitan los costos de sistemas individuales sobredimensionados (como plantas de enfriamiento en cada edificio) y eliminan la necesidad de instalar enfriadores y torres de enfriamiento, liberando así espacio valioso en techos y edificaciones.

Caso de éxito de Colombia: Distrito Térmico de la Alpujarra

Nombre	Caso de éxito: Distrito Térmico La Alpujarra
Ubicación	Medellín, Colombia
Inversión (CAPEX)	13.000 USD
Capacidad instalada (TR)	3600
Especificaciones técnicas	3 chillers eléctricos con NH ₃ ; 1 chiller de absorción con BrLi.
Fuentes de energía	Cogeneración con gas natural y recuperación de calor. Se complementa con suministro de energía eléctrica de la red interconectada.
Diseñador	BT Consultores
Constructor	Servipáramo SAS
Operador	Empresas Públicas de Medellín - EPM
Entidades que han apoyado el proyecto	Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, Secretaría de Estado para Asuntos Económicos de la Embajada Suiza en Colombia - SECO

Cientes	Alcaldía de Medellín Concejo Municipal Gobernación de Antioquia Asamblea Departamental Dirección de Impuestos y Aduanas Nacionales - DIAN Almacén Éxito de San Antonio Empresa de Desarrollo Urbano - EDU Edificio Inteligente de EPM Centro de convenciones y exposiciones Plaza Mayor
Inicio operación	Diciembre 2016
Beneficios	Ahorro en consumo de energía eléctrica en los edificios entre el 15 % y el 20 % Reducción del 100 % de uso de Sustancias Agotadoras de la Capa de Ozono - SAO 30 % las emisiones de CO ₂

Tabla 1. Datos clave del distrito térmico de enfriamiento La Alpujarra. Fuente: Distritos térmicos: Guía metodológica, 2019

2.3. Evolución tecnológica

La energía distrital ha evolucionado significativamente a lo largo de los casi 150 años desde la implantación de la calefacción distrital moderna, adaptándose a los avances tecnológicos, mejores prácticas y necesidades ambientales. Es posible reconocer al día de hoy la existencia de cuatro generaciones.

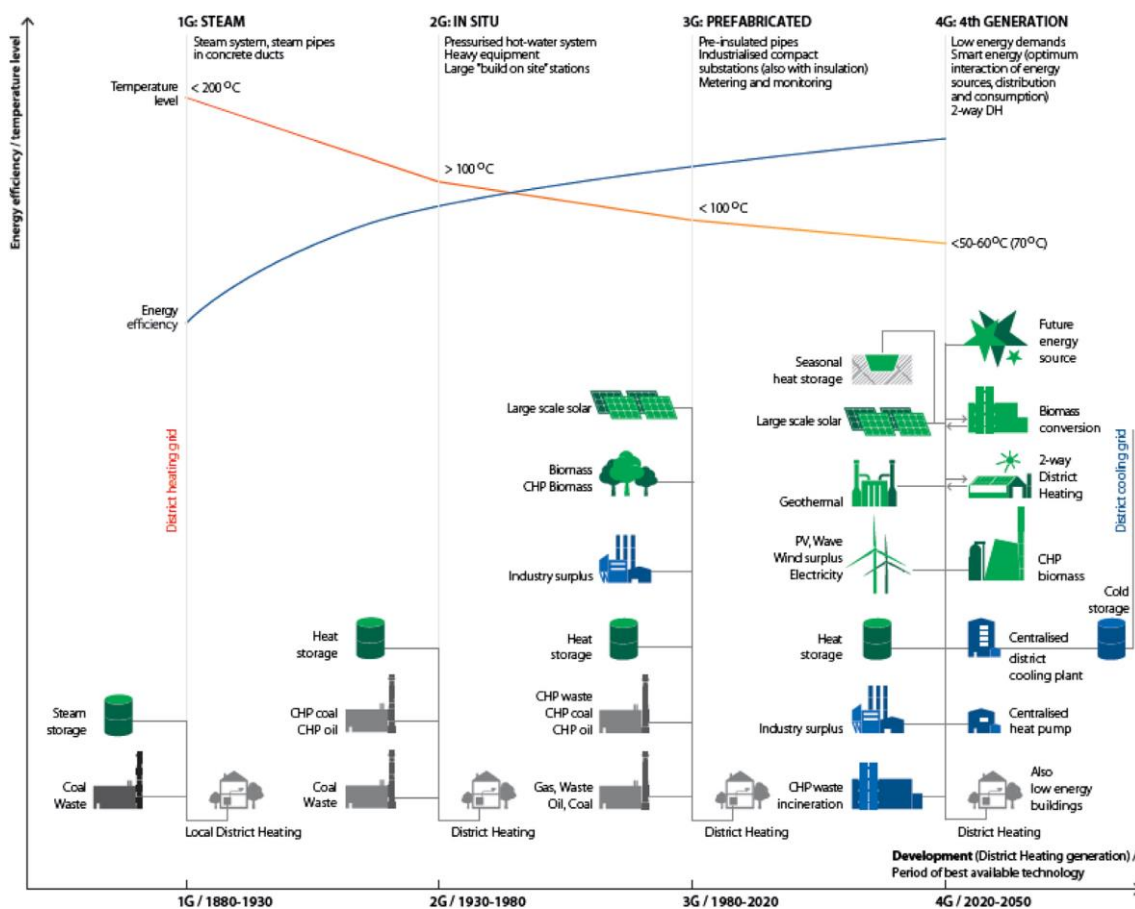


Figura 1. Comparativo entre las distintas generaciones de energía distrital. Fuente: 4th Generation District Heating (4GDH): Integrating smart thermal grids into future sustainable energy systems.

2.3.1. Calefacción distrital

Primera Generación: Estos sistemas fueron introducidos en Estados Unidos en la década de 1880, se caracterizan por utilizar vapor como fluido caloportador. Si bien representaron un avance significativo para su época, hoy en día es una tecnología obsoleta, ya que las altas temperaturas del vapor generan pérdidas de calor sustanciales, además de existir el riesgo de accidentes graves, como explosiones de vapor. Aunque sistemas como los de Nueva York y París aún utilizan vapor, programas de recambio han sido exitosos en ciudades como Salzburgo, Hamburgo y Munich.

Segunda Generación: A partir de la década de 1930, esta generación se caracteriza por usar agua caliente a presión como caloportador, con temperaturas sobre los 100 °C. La motivación principal detrás de su implementación fue el ahorro de combustible y mejora del confort utilizando una adecuada expansión de cogeneración en zonas urbanas. Sistemas como los de la antigua Unión Soviética emplearon esta tecnología, y aún se pueden encontrar vestigios de esta tecnología en otras partes del mundo en las zonas más antiguas de los actuales sistemas de calefacción distrital basados en agua.

Tercera Generación: Introducida en los años 70 y dominando las extensiones de sistemas desde los 80, esta generación se ha consolidado como el estándar. Continúa utilizando agua a presión como fluido caloportador, pero con temperaturas de suministro por debajo de los 100°C. Es conocida como "tecnología escandinava de calefacción distrital" debido a que muchos fabricantes de componentes son escandinavos. Una característica típica es el uso de tuberías prefabricadas y pre-aisladas enterradas directamente en el suelo, subestaciones compactas y componentes que requieren menos material. Esta tecnología se ha adoptado ampliamente en reemplazos de sistemas en Europa Central y Este, la ex-Unión Soviética, y en todas las extensiones y nuevos sistemas en China, Corea, Europa, EE. UU. y Canadá. Estos sistemas ofrecían seguridad de suministro, especialmente tras las dos crisis del petróleo, lo que impulsó la eficiencia energética a través de cogeneración y la sustitución del petróleo por combustibles locales o más económicos como el carbón, la biomasa, residuos e incluso calor solar y geotérmico como complemento en algunos lugares.

Cuarta Generación: Esta generación se caracteriza por trabajar con temperaturas aún más bajas, entre 30 – 70 °C para el suministro y 20 °C para el retorno, lo que reduce drásticamente las pérdidas de calor de la red. Se enfoca en la capacidad de suministrar calefacción y agua caliente sanitaria de baja temperatura, distribuir con mínimas pérdidas de calor, reciclar calor de fuentes de baja temperatura e integrar fuentes renovables como solar y geotermia. Además, posee la capacidad de ser integrada de sistemas energéticos inteligentes (electricidad, gas y redes térmicas), control predictivo y requerir un marco institucional robusto que asegure una planificación adecuada, estructuras de costos y motivación para la transformación hacia sistemas energéticos sostenibles.

Quinta Generación Se caracteriza por una fuente de energía de baja calidad, principalmente a temperatura ambiente, donde cada usuario final opera su propia bomba de calor para ajustar la temperatura de suministro a sus necesidades específicas, a diferencia de sus predecesoras que dependen de una planta de calor centralizada. De esta manera, las pérdidas de calor de distribución son despreciables, volviendo irrelevante el aislamiento de tuberías, reduciendo así la inversión. Además, las bombas de calor del usuario final pueden adaptarse a los requisitos de temperatura individuales, pudiendo integrarse el enfriamiento a la misma red.

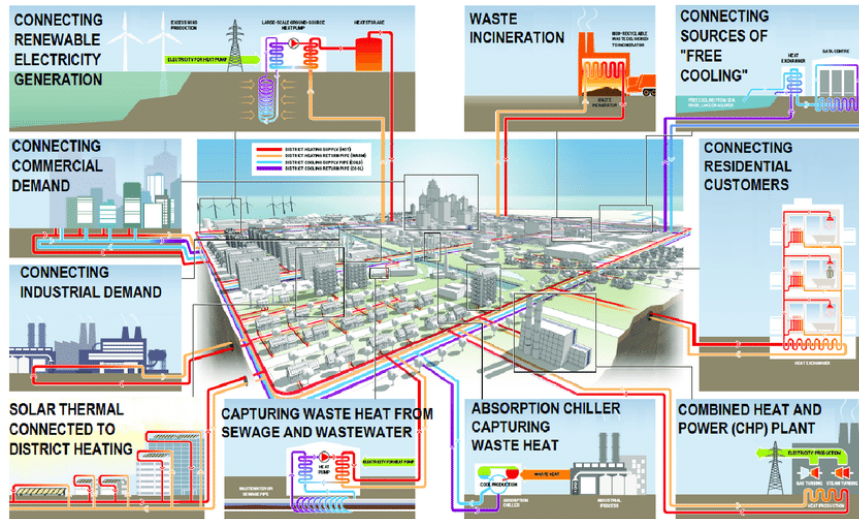


Figura 2. Sistema energético a nivel de distrito que muestra múltiples usuarios finales y la entrada y acumulación de calor por fuente. Riahi, L. (2015)

Fuente: *District Energy in Cities: Unlocking the Potential of Energy Efficiency and Renewable Energy.*

2.3.2. Enfriamiento distrital

Por su lado, el enfriamiento distrital ha evolucionado en paralelo a la calefacción.

Primera Generación: surgió a finales del siglo XIX y se basó en el uso de refrigerantes distribuidos desde condensadores centralizados a evaporadores descentralizados.

Segunda Generación: Más adelante, en la década de 1960, se introdujo el agua fría como fluido de distribución, impulsada por grandes enfriadores mecánicos centralizados.

Tercera Generación: se popularizó en los años 90, diversificó el suministro de frío mediante la integración de chillers de absorción, chillers mecánicos y el aprovechamiento de fuentes naturales y almacenamientos de frío.

Cuarta Generación: se concibe como sistemas inteligentes que interactúan de manera dinámica con las redes de electricidad, calefacción distrital y gas.

2.4. Modelos de negocio aplicables

Al igual que la regulación, en el mundo son variados los modelos de negocios implementados en los sistemas de energía distrital, que son influenciados mayormente por la regulación y el modelo económico propio de cada país. También se involucran aspectos no menores como la capacidad técnica, facultades administrativas y capacidad financiera de las instituciones públicas locales, como las municipalidades, que en muchos lugares ejercen un modelo de propiedad pública plenamente desarrollado por éstos, ya que poseen y se han reforzado con las capacidades para ello.

2.4.1. Modelo totalmente público

A modo general, es posible identificar un modelo de negocio 100% público, como aquel que el sector público (alcaldías, gobernaciones, entidades nacionales) asume la

inversión del sistema, resulta ser propietario, opera y recepciona los ingresos, asumiendo el riesgo del negocio en su totalidad.

Para estructuras macroeconómicas e institucionales como las existentes en Chile a nivel local, este modelo es complejo por una serie de factores que tendrían que mejorar, como por ejemplo la capacidad técnica de los profesionales que componen los equipos de trabajo, la credibilidad financiera y capacidad crediticia para afrontar préstamos de instituciones bancarias y los presupuestos propios disponibles. Aun así, este modelo no se descarta del todo ya que podrían existir pequeños sistemas de energía distrital que conecten, por ejemplo, solo edificios municipales, lo que simplifica el desarrollo.

En Colombia los contratos o actos mercantiles de las empresas cuya propiedad está en cabeza del Estado tienen un régimen propio de contratación, sujeto a las reglas contenidas en la Ley 80 de 1993. Para el contrato de venta de servicio de energía térmica en los modelos público y totalmente privado se recomienda emplear el modelo de contrato de suministro. En cuanto a la selección de un inversionista para un proyecto de carácter público, la entidad idónea dependerá de cuál es la entidad pública promotora del proyecto. En experiencias internacionales, cuando la municipalidad o alcaldía financia el proyecto, lo hace con patrimonio público. En Colombia, la selección de un desarrollador para un proyecto totalmente público debe responder a criterios de solidez financiera, buena credibilidad y, sobre todo, capacidad técnica para diseñar y ejecutar un proyecto de infraestructura de gran envergadura. Las municipalidades normalmente carecen de una entidad con estas características, por lo cual, en general, en Colombia se da prelación al modelo mixto para el desarrollo de grandes obras de infraestructura. Si bien no hay antecedentes de que en el país las administraciones públicas encabezen este tipo de iniciativas de vanguardia y articulación urbana entre varios actores, su participación puede ser especialmente determinante en la promoción y respaldo a estos proyectos.

2.4.2. Modelo totalmente privado

En un modelo totalmente privado, una empresa o grupo de empresas de carácter privado financia, desarrolla y opera el distrito térmico. Los usuarios finales pueden ser edificaciones de los sectores público o privado, lo cual no afecta el carácter del modelo de negocio.

En este modelo el sector público cumple un rol auxiliar, mas no interviene directamente en el desarrollo del proyecto. Las entidades públicas pueden participar como promotores, facilitadores y entes de regulación y control del bienestar público, y velan por los mejores intereses de la ciudad o el centro de desarrollo.

Aunque este modelo de negocio no es el más expandido, en la calefacción distrital, ni en otros servicios de distribución por red (gas, agua, electricidad), debido a los altos costos de inversión y de transacción, en Chile existen desarrollos inmobiliarios privados, normalmente de alta plusvalía, que han ejercido este modelo de negocio en sus desarrollos, teniendo la desventaja de la imposibilidad de expandirse fuera del predio propio del desarrollo inmobiliario.

En Colombia, por el contrario, el esquema totalmente privado ha sido el modelo que se ha implementado en los actuales proyectos de distritos energéticos en operación. Dentro de los posibles esquemas contractuales, la figura del contrato de suministro encaja de manera adecuada para los distritos energéticos privados, en cuyo caso el proveedor del servicio de energía térmica se obliga a suministrarle al usuario o cliente final una cantidad determinada convenida de calor o frío, dentro de un plazo definido y de manera continua o periódica. El inversionista del proyecto se selecciona bajo los criterios que

aplican para cualquier proyecto de inversión, se le presenta el proyecto, sus estimados de flujo de caja, sus riesgos y retornos, y la estructura de capital, tras lo cual el inversionista aplica un modelo financiero para determinar si el proyecto es compatible con sus expectativas de rentabilidad interna y aversión al riesgo.

El desarrollador de un proyecto privado es idealmente una empresa prestadora de servicios públicos o una empresa de servicios de energía, que tienen fácil acceso a los clientes potenciales, poseen la capacidad financiera para impulsar los proyectos y son lo suficientemente robustas para asumir el riesgo de proyectos a largo plazo y tener credibilidad frente a los usuarios.

2.4.3. Modelo mixto o público - privado

En un modelo público-privado, como su nombre lo indica, intervienen empresas de ambos ámbitos en las fases de financiamiento, construcción y operación del proyecto.

En cuanto a los modelos mixtos, son comunes tres modalidades:

- La empresa que desarrolla el proyecto y lo opera es una sociedad mixta de capital público-privado, lo que convierte el proyecto en un híbrido.
- Conformar un Joint-Venture en la cual ambas partes invierten en la constitución de una empresa de energía distrital o en la que los sectores público y privado financian diferentes activos del sistema.
- Un modelo tipo concesión, en el que la entidad pública normalmente desarrolla un estudio de factibilidad del proyecto y luego licita su construcción y operación por un privado, convirtiendo así al ente público en propietario y al privado en operador. La operación se concesiona al privado por un periodo fijo.

Cuando las empresas que construyen y operan los proyectos están constituidas como de economía mixta, en las que el Estado tiene una participación menor al 50 %, el régimen contractual estaría enmarcado dentro del derecho privado y sería igual al de un proyecto de carácter netamente privado. Si, por el contrario, las sociedades tienen una participación pública superior al 50%, el marco aplicable sería el descrito en la ley.

En Chile el modelo público-privado tipo concesión es el que ha sido explorado para la promoción de los proyectos piloto actualmente en desarrollo.

En Colombia, el proyecto “Distrito Térmico La Alpujarra” de Medellín, es un ejemplo de esquema de sociedad mixta ya que las Empresas Públicas de Medellín (EPM) tienen dicha composición público-privada. El modelo de concesión ha sido planteado en la factibilidad de algunos proyectos identificados, pero no se ha llevado a la práctica.

2.4.4. Modelo cooperativo

Existe un modelo incipiente en el mundo en forma de cooperativas, que representan una forma innovadora de financiamiento descentralizado basada en capital ciudadano. Estas organizaciones permiten a los residentes participar en la propiedad y gestión de redes de calefacción, generando confianza, reduciendo costos y promoviendo soluciones locales sostenibles. Su experiencia muestra que las alianzas con gobiernos locales y desarrolladores pueden ser clave para acelerar la implementación de sistemas de energía distrital sostenibles. Este modelo combina participación ciudadana, inclusión social y eficiencia técnica.

Los desafíos para Chile radican en potenciar mejor los modelos de negocios que se acomodan mejor a la realidad socioeconómica y normativa actual, considerando que las

altas inversiones que tienen los sistemas de energía distrital requieren de estructuras financieras que soporten la recuperación de capital en el largo plazo, asimismo como reconozcan las carencias técnicas y financieras que posee el sector público. La mezcla precisa de intereses resulta clave para alcanzar los beneficios sociales que busca el sector público y la rentabilidad que busca el sector privado.

En Colombia, el modelo privado ha sido el promotor de las infraestructuras de distritos energéticos, principalmente para enfriamiento y climatización. Esto ha sido posible a que las empresas con experiencia en prestación de servicios energéticos están familiarizadas con los esquemas financieros y de inversiones en grandes infraestructuras. El reto en Colombia será seguir promoviendo proyectos en diferentes escalas de mercado y ampliar la participación de otro tipo de inversionistas que sigan materializando nuevos proyectos en el país.

2.5. Consideraciones para la implementación de un proyecto de Energía Distrital

La implementación de un proyecto e infraestructura de energía distrital o distrito energético puede tener diversas maneras de abordarse, ya que cada caso en particular tendrá características específicas dependiendo su aplicación, tipo de usuarios, uso urbano o industrial, condiciones climáticas y geográficas y muchas otras consideraciones comerciales y financieras.

Dentro de la experiencia adquirida en Colombia y Chile, y también de otros ejemplos en otras partes del mundo, se pueden identificar algunos pasos generales que permiten tener un acercamiento metodológico para lograr llevar un proyecto a su implementación, siendo los principales los siguientes:

2.5.1. Identificación de la zona potencial de desarrollo del proyecto

Durante la fase de planeación de un distrito energético, la selección de la zona o localidad de desarrollo debe obedecer a un proceso sistemático que permita establecer y cuantificar la relación entre la oferta de energéticos primarios y la demanda de energía térmica.

En general, una zona debe reunir las siguientes características para considerarse como atractiva para implementar un distrito energético:



Figura 3. Características de una zona de alto potencial para distrito energético
Fuente: Guía Metodológica “Proyecto Distritos Térmicos Colombia”

Las zonas de expansión urbana son importantes focos para el desarrollo de un distrito energético, dado que usualmente se trata de proyectos de largo plazo que combinan usos mixtos del suelo y donde resultaría sencillo desarrollar un sistema durante su fase de planeación. Igualmente, nuevas zonas industriales, parques industriales o puertos son ejemplos de proyectos donde los distritos energéticos son una alternativa de diseño eficiente y sostenible.

Una herramienta importante son los mapas energéticos o mapas de calor de zonas urbanas e industriales, ya que pueden incorporar información de la demanda energética y a la vez las fuentes energéticas georeferenciadas en zonas específicas a estudiar. Esta herramienta es muy útil para planeadores de ciudad, ordenamiento de zonas industriales y también para empresas o consorcios desarrolladores de proyectos.

2.5.2. Ingeniería conceptual y factibilidad preliminar

El desarrollo de un estudio de ingeniería conceptual, prefactibilidad y de factibilidad técnica y comercial permite identificar si el proyecto será interesante para los inversionistas, desarrolladores técnicos, operadores comerciales y usuarios finales. Esta ingeniería conceptual debe abordar y evaluar aspectos como el lugar de implementación de la central de producción energética, rutas de tuberías de distribución, capacidad a ser instalada y capacidad demandada por los posibles usuarios finales.

Deberá también, establecer una estructura de negocio preliminar y modelo financiero general que identifique los beneficios para cada actor del proyecto. De manera ideal este proceso debe realizarse con la identificación y compromiso de los actores clave del proyecto, involucrando clientes ancla, desarrollador/operador, inversionistas y de ser posible entidades de gobierno local donde se espera implementar el distrito energético.

2.5.3. Identificación de fuentes primarias de energía

Dependiendo del lugar donde se planifique el desarrollo de un sistema de energía distrital, resulta importante identificar la oferta de energía para el funcionamiento de la planta térmica y la producción de calor o frío, con la finalidad de seleccionar tecnologías que usen recursos locales y de bajo precio, lo que redundará en obtener precios finales del servicio que sean competitivos con sus sustitutos.

Es recomendable que el desarrollador de proyectos realice un proceso de evaluaciones cuantitativas rápidas de la posibilidad de acceder a recursos energéticos renovables o residuales, que al integrarse a un distrito energético representen ahorros en los costos operativos. En este sentido, según las características geográficas y topográficas, podrán evaluarse el acceso a fuentes renovables como biomasa, energía geotérmica, energía solar, reservorios de agua dulce, ríos, el mar y aguas subterráneas, entre otras. Adicionalmente, es posible evaluar el uso de energía proveniente de plantas de incineración de residuos sólidos urbanos.

- ❖ Biomasa: A través de sus diferentes formatos, como astillas, pellets o residuos de poda, carozos u otros, puede ser utilizada como fuente de energía en calderas especializadas. Chile es reconocido por su industria asociada al ámbito forestal, lo que puede resultar en una ventaja a la hora de plantear proyectos que se encuentren cercanos a esta fuente energética.
- ❖ Energía Geotérmica: Referida a la geotermia de uso directo, en sus diversas formas de aprovechamiento a través de aguas superficiales, aguas subterráneas o el suelo, que, por medio de bombas de calor, aprovechan el calor de estas fuentes naturales.
- ❖ Energía Solar: Puede ser usada como fuente de energía eléctrica a través de sistemas fotovoltaicos, o puede identificarse la posibilidad de usar plantas de energía solar térmica para el uso del calor directo ya sea para calefacción o para sistemas de enfriamiento por absorción.
- ❖ Free cooling con cuerpos de agua: Es posible utilizar los diferenciales de temperatura de los cuerpos de agua como enfriamiento directo, o la temperatura del suelo a través del uso de aguas subterráneas. Si bien, pueden no ser suficientes para cubrir la demanda total de un distrito energético, estas pueden ser usadas para mejorar la eficiencia de los sistemas de condensación o como sistemas de preenfriamiento o precalentamiento en el proceso de producción de la energía térmica.
- ❖ Enfriamiento con agua de mar (SWAC): El enfriamiento con agua profunda de mar consiste en el uso de este recurso directamente para el enfriamiento de espacios sin una producción de enfriamiento intermedia. Esto representa alta eficiencia para el proyecto, sin embargo, los costos de inversión para alcanzar la profundidad requerida en el mar dependen de la geografía y puede no ser fácilmente asequible.
- ❖ Aprovechamiento de calor residual: para proyectos ubicados cerca de plantas industriales o datacenters puede identificarse el recurso de calor residual

proveniente de estos procesos como una fuente primaria para el distrito energético. Esta energía residual puede traducirse en una fuente de bajo costo que mejora el desempeño ambiental y económico del proyecto.

- ❖ **Aprovechamiento de residuos sólidos urbanos:** Los residuos sólidos urbanos a menudo son excelentes fuentes de energía no aprovechada, la cual puede ser obtenida a partir de procesos como biodigestión aerobia, biodigestión anaerobia o incineración. Los proyectos de aprovechamiento energético de residuos sólidos urbanos son de alta complejidad, no solo por el aspecto técnico (estudios de caracterización de los residuos e ingeniería del sistema), sino también en cuanto a permisos ambientales y de sensibilización de las comunidades.
- ❖ **Cogeneración y trigeneración:** La cogeneración es un componente que tiene múltiples propósitos en un distrito energético. Cuando se genera energía eléctrica, puede venderse a la red o consumirse directamente en enfriadores eléctricos dentro de una central. El calor puede utilizarse para generar vapor, agua caliente o frío a través de un enfriador de absorción. Los mecanismos utilizados comúnmente en los sistemas de cogeneración que hacen parte de los distritos energéticos funcionan a partir de turbinas o motores de combustión interna que consumen algún tipo de combustible fósil para generar electricidad. Estos alimentan los enfriadores eléctricos y los gases de escape se aprovechan térmicamente. Los sistemas de trigeneración usan los mismos componentes de los sistemas de cogeneración y producción de frío, pero la planta se diseña de tal manera que su provisión sea simultánea.

2.5.4. Caracterización de clientes ancla o clientes claves

Una vez se ha seleccionado el polígono donde se desarrollaría el estudio de factibilidad de un distrito energético, se hace necesario cuantificar la demanda térmica de los potenciales clientes, así como identificar aquellos usuarios de mayor consumo que se consideran como clientes imperativos para que el proyecto sea viable (clientes ancla). Para una estimación de la demanda óptima es ideal coleccionar la información anteriormente descrita para todos los clientes ancla y para la mayor cantidad posible de usuarios potenciales. El procesamiento de la información es una tarea que se recomienda que sea realizada por un equipo de ingeniería con experiencia en el dimensionamiento de sistemas térmicos.



Figura 4. Características de los usuarios finales clave
Fuente: Guía Metodológica “Proyecto Distritos Térmicos Colombia”

2.5.5. Evaluación de la viabilidad e impactos

En esta fase del proceso, se espera tener un involucramiento consistente de los actores del proyecto y es requerido realizar una evaluación de impactos sociales y ambientales que permitan identificar las bondades del proyecto y profundizar en los beneficios adicionales para toda la cadena de valor. En Chile, existe el Sistema de Evaluación e Impacto Ambiental, etapa formal de proyectos de inversión que cuantifica los impactos ambientales de un proyecto, no obstante, esta es exigible en etapas avanzadas del proyecto, por lo que la referencia en esta etapa más general busca identificar preliminarmente este tipo de impactos ambientales.

Para los aspectos constructivos, la identificación de posibles barreras físicas/geográficas en la implementación de la red de distribución y la planta de producción energética, será indispensable con el fin de determinar ubicaciones y los trazados de red definitivos del proyecto. La identificación de las fuentes de energía y por lo tanto el uso de recursos disponibles puede aportar a mejorar los ahorros ambientales y financieros de la ingeniería conceptual. Ajustar los cálculos de demandas de usuarios identificando los perfiles de consumo de energía aporta a los ahorros energéticos en el diseño técnico final. Y un punto relevante que debe evaluarse a cada paso del proceso, es el interés y compromiso de los usuarios finales en ser parte del desarrollo y futura conexión al proyecto de distrito energético.

2.5.6. Modelo financiero y propuesta comercial

Desde la ingeniería conceptual se hace necesario estar evaluando y ajustando de manera constante las variables que definen el modelo financiero, con el fin de identificar

a cada paso del proceso la viabilidad financiera del proyecto. Al final de esta metodología lo que se busca es que todos los actores involucrados conozcan sus beneficios al ser parte del proyecto y se confirme la disposición de establecer una relación comercial. Una vez establecido el modelo técnico y este análisis financiero, el proyecto podrá iniciar su materialización estableciendo contratos de operación y suministro del servicio energético a los usuarios.

2.5.7. Modelo financiero y propuesta comercial

Son múltiples los modelos de regulación que siguen los países con amplio desarrollo de la energía distrital, que van desde una regulación detallada de todos los aspectos técnicos y de operación de las redes, hasta modelos simplificados que establecen directrices generales que dejan en manos del desarrollador privado el establecimiento de las condiciones de construcción y operación. Por ejemplo, en la Unión Europea la energía distrital es predominantemente un tema de regulación a nivel nacional, es decir los sistemas no están regulados uniformemente entre los países miembros de la UE, ya que existe una amplia variedad de factores nacionales, económicos, culturales e históricos que han llevado a un espectro muy diverso entre países, donde incluso se ha migrado de un modelo a otro dentro de un mismo país. Se da en esta región el caso de Dinamarca y Suecia, donde el primero posee una industria de calefacción distrital altamente regulada, mientras que el segundo ha adoptado un enfoque ligero en la legislación. O el caso de Reino Unido donde no existe una estructura legal específica para la calefacción distrital y se ha desarrollado en base a un marco regulatorio de leyes generales.

Materias como la propiedad de las instalaciones, la categoría de servicio público, las servidumbres para el despliegue de las redes, la compatibilidad con otras actividades, el usos de suelo del territorio, tarificación, los organismos con competencia, explotación de fuentes energéticas, fiscalización, normas técnicas, incentivos, estructura subsidiaria y requisitos operativos, son algunos de los aspectos más relevantes de este tipo de sistemas de cara a facilitar la implementación de proyectos de energía distrital en los países, en donde dependiendo de las características legislativas, el régimen parlamentario y el marco sociocultural de cada país, estas materias son abordadas en mayor o menor medida. Aunque el punto central y primordial para el correcto desarrollo de la energía distrital es el establecimiento de reglas claras para facilitar la inserción en las ciudades.

3. Evolución de la Energía Distrital en Chile

Producto de los problemas ambientales de mala calidad del aire en varias ciudades de la zona centro sur de Chile, lo que está directamente asociado a un sector de calefacción altamente contaminante e ineficiente, es que el principal motivo del desarrollo de la energía distrital en este país es generar cambios transformacionales de la matriz de calefacción a través de la disposición de este tipo de sistemas para los habitantes de estas ciudades. No obstante, con los rápidos cambios que se han presentado a nivel mundial asociados al cambio climático, también visibles en Chile, se ha incorporado la variable de mitigación de gases de efecto invernadero que promueven estos sistemas, permitiendo el día de hoy con su promoción no solo atacar objetivos de reducción de contaminantes locales sino también de mitigación de contaminantes globales e implementación de eficiencia energética.

3.1. Sector de climatización en Chile

Chile posee cerca de 4.300 kilómetros de longitud y una variada geografía, por lo que existen variados tipos de clima y consecuentemente diferentes demandas térmicas para satisfacer las necesidades de calor y frío. Más del 70% de los consumos de energía en edificios en Chile corresponde a usos térmicos (calefacción, agua caliente y cocción de alimentos). En la medida en que aumenta la latitud hacia las regiones del sur extremo, se tienen altas demandas de energía térmica para calefacción. Caso contrario ocurre hacia el norte del país, donde es posible encontrar el desierto más árido del mundo, por lo que se experimentan altas demandas por enfriamiento. Estas condiciones geográficas y climáticas han hecho que, en términos energéticos, se tenga una estrecha relación entre las condiciones constructivas de las edificaciones, la demanda de energía térmica, los artefactos de climatización y los energéticos usados para provisionar de calefacción o enfriamiento.

Las principales fuentes de energía usada para satisfacer las demandas de calefacción en Chile son la leña, kerosene, gas licuado de petróleo y gas natural (en ciudades que cuentan con redes). La leña es predominante en su uso y es consumida en malas condiciones de calidad, generalmente húmeda, y usada en artefactos a combustión con baja eficiencia energética y nulo control de emisiones.

La problemática entonces, propiciada por el uso masivo de leña húmeda, una alta demanda por este energético producto de la mala aislación térmica y el uso de artefactos individuales ineficientes y contaminantes, era una alta contaminación atmosférica por material particulado (MP2.5 y MP10) emitido por el sector de calefacción, específicamente el residencial, lo que se evidenciaba en las ciudades principales y altamente pobladas de las regiones del sur del país, como Temuco, Osorno y Coyhaique, las que constantemente aparecen en los primeros lugares de las ciudades más contaminadas de Latinoamérica.

En el año 2000, comenzó un cambio importante en la construcción de viviendas en Chile en términos de desempeño energético a través de la Reglamentación Térmica del Ministerio de Vivienda y Urbanismo (MINVU), que es el instrumento normativo que establece los requisitos mínimos de aislación térmica para techos, muros, pisos y ventanas de las viviendas en Chile. En el año 2000 fue promulgada la primera etapa de la reglamentación térmica, la cual exigió características de desempeño energético, principalmente de aislación, a las techumbres de viviendas nuevas. A partir del año 2007 entró en vigor la segunda etapa de la reglamentación térmica, que extendió los requisitos de aislamiento térmico para vivienda nueva a muros, pisos ventilados y ventanas. En el año 2025, fue promulgada la tercera etapa de la reglamentación térmica en Chile, la cual entró en vigor en el mes de noviembre de 2025. Esta modificación constituye un avance significativo para mejorar la eficiencia energética de las viviendas y alcanzar condiciones de confort interior y salubridad en los hogares. El cambio en la normativa está orientado a las edificaciones de uso residencial e incluye, por primera vez, exigencias de comportamiento térmico mínimas a establecimientos de educación y salud, lo que representa un avance cualitativo para estos sectores. Pese a estos esfuerzos, el pasivo de todo el parque construido previo al año 2000 es masivo y constituye más de 65% del parque construido, por lo tanto, existen importantes brechas en aislación térmica en las viviendas.

Relacionado con recambios tecnológicos, desde 2010 en adelante, se han ejecutado programas públicos de recambio de calefactores a leña por sistemas más limpios, como una forma de disminuir las emisiones contaminantes del sector residencial y restituir con ello los niveles de calidad del aire para resguardar la salud de la población.

Por su parte, las edificaciones no residenciales, como hospitales o edificios comerciales o administrativos, usan principalmente sistemas centralizados con combustibles fósiles, como el gas licuado de petróleo o gas natural, e incluso carbón para su funcionamiento.

Por otro lado, producto de las crecientes necesidades de climatización o enfriamiento, Chile en los últimos años ha experimentado un auge en el uso de equipos de aire acondicionado los que se han quintuplicado entre 2018 y 2023, producto de una mayor accesibilidad, baja de precios, aumento de la oferta y un mayor rendimiento que los hacen más competitivos frente a otras opciones.

3.2. Contexto normativo de la Energía Distrital en Chile

En Chile, no existe un marco regulatorio específico para la energía distrital. Pese a lo anterior, se cuenta con un tratamiento normativo general que regula todas las partes o componentes de este tipo de proyectos por separado, en materias tales como planificación territorial, construcción inmobiliaria, energía y medio ambiente, por lo que, si ello se considera en su conjunto, puede sostenerse que, aunque de manera fragmentada, sí existe regulación aplicable.

En efecto, los Planes de Descontaminación Atmosférica, del Ministerio del Medio Ambiente, que contienen medidas de promoción para la implementación de proyectos de energía distrital, entre otras, al ser un documento normativo promulgado por el Presidente de la República, la definición instaurada allí para la calefacción distrital pasa a ser oficial, lo que es ratificado por una aclaración realizada en 2021 por el Ministerio de Vivienda y Urbanismo (DDU 459) en relación a la compatibilidad de los proyectos de energía distrital con la planificación territorial. La definición es: *“Calefacción Distrital: sistema de generación y distribución centralizada de calor, mediante el cual se proporciona el servicio de calefacción y agua caliente sanitaria a un conjunto de edificaciones conectadas en red.”* En la misma aclaración realizada por el Ministerio de Vivienda y Urbanismo, se indican los usos de suelo permitidos para la instalación de la central térmica requerida para este tipo de sistemas, lo que se amplía en una modificación reglamentaria a la Ordenanza General de Urbanismo y Construcciones, emanada de este mismo Ministerio en 2023, facilitando con ello la instalación de la central térmica en un rango mayor de usos de suelo, lo que permitió derribar una barrera importante que condicionaba la viabilidad de proyectos en las ciudades.

Por otra parte, apelando a vehículos legales estructurados para el desarrollo de obra pública, se ha podido interpretar la compatibilidad de sistemas concesionales de obra pública y urbana para el desarrollo de estos sistemas, los que si bien fueron diseñados con otros fines calzan con el desarrollo de proyectos de energía distrital al ser analizados como una intervención del espacio público con obras de infraestructura, permitiendo con ello la posibilidad del establecimiento de alianzas público privadas para su implementación.

En lo que a políticas públicas respecta, Chile cuenta con una Política Energética Nacional en la cual existe la ambiciosa meta de conectar 500.000 usuarios a sistemas

de calefacción distrital para 2050, contribuyendo así a la meta país de alcanzar la carbono neutralidad en dicho año. Además, otras políticas como el Plan Nacional de Eficiencia Energética, Planes de Descontaminación Atmosférica y la Estrategia Climática a Largo Plazo, incluso algunas Estrategias Energéticas de ámbito comunal, promueven la calefacción distrital como una tecnología que permite avanzar en la mejora de la calidad del aire, reducción de GEI y carbono negro, lo que se alinea por cierto con las metas país para alcanzar la Contribución Nacional Determinada.

3.3. Evolución de la Energía Distrital en Chile

En Chile existen dos proyectos emblemáticos, de largo alcance, que desde la década del 70 siguen operando hasta el día de hoy. Uno de ellos se encuentra en la Región Metropolitana y abastece de calefacción distrital (calefacción y agua caliente sanitaria) a más de 1.500 departamentos en torres residenciales en pleno centro de la ciudad de Santiago. El otro proyecto en operación desde esta época es el de la Universidad de Concepción, que abastece de calefacción distrital a gran parte del campus universitario de la ciudad de Concepción en la Región del Biobío, a 500 kilómetros aproximados al sur de Santiago.

Curiosamente, luego de estos desarrollos no surgieron más proyectos de aquella magnitud y despliegue. Fue hasta 2009 cuando volvió a aparecer la calefacción distrital con un proyecto que se construyó y sigue operando a la fecha en el condominio privado “Frankfurt” en la ciudad de Temuco, Región de la Araucanía.

Existen otros proyectos en operación en la actualidad, de menor alcance y limitados a condominios privados que albergan edificaciones de tipo residencial principalmente, no obstante, fueron concebidos como calefacción centralizada, por lo tanto, pierden el potencial de expansión característico de este tipo de proyectos.

Es por estos casos aislados, que no tuvieron mayor replica en otras zonas o ciudades, es que el Estado de Chile se encuentra promoviendo a la energía distrital desde el año 2010. A través de la realización de diferentes análisis técnicos y económicos, se tenía en ese entonces el foco de promover a la calefacción distrital como una vía de descontaminar las ciudades que tenían problemas de calidad del aire producto de las emisiones del sector de calefacción residencial. Así, entre 2010 y 2018 fueron realizados una decena de estudios con este objetivo, sin haber llegado ninguno a etapa de implementación.

Fue hasta el año 2018 en que el foco de trabajo se amplió con la creación de la Unidad de Geotermia y Energía Distrital dentro del Ministerio de Energía de Chile, donde se comenzó a instaurar el concepto de energía distrital como una manera de amplificar el análisis de proyectos y la promoción de esta temática hacia la eficiencia energética y las energías renovables, y no solo para calefacción, en un espectro más amplio que el visualizado en los primeros años de trabajo.

En 2020, Chile se adjudicó un programa del Fondo para el Medio Ambiente Mundial (GEF por sus siglas en inglés) llamado “Acelerando la inversión en sistemas de energía distrital y renovables en Chile” (en adelante Programa GEF7 de Energía Distrital), el cual fue el sucesor de la iniciativa global de Energía Distrital en Ciudades de ONU Medio Ambiente, en que Chile participó desde 2017 hasta esa fecha.

Con el inicio del Programa GEF7 de Energía Distrital en Chile, fue fundada la Oficina Nacional de Energía Distrital – ONED - en la Agencia de Sostenibilidad Energética de Chile, que además de tener a su responsabilidad la ejecución de las variadas actividades del programa, rápidamente se posicionó como un ente técnico de asesoramiento y vinculación con el sector privado y público. El Programa logró con esto reforzar la institucionalidad dedicada a la promoción de la energía distrital, así como desencadenar el interés del sector público y privado por promover proyectos de inversión en las ciudades, con un despliegue transversal de generación de capacidades y difusión de esta alternativa tecnológica. Hasta el día de hoy este programa sigue vigente en Chile y finaliza en enero de 2027.

Gracias a este paraguas de trabajo, hoy se está coordinando desde el Estado la implementación de 2 proyectos piloto, con la finalidad de replicar y escalar las experiencias hacia la creación de un mercado. Un proyecto se encuentra en la ciudad de Santiago, Región Metropolitana, en las comunas de Recoleta e Independencia, y busca abastecer de energía distrital, es decir calor y frío, a edificios de salud y educacionales en estas comunas, con un despliegue territorial importante e inversiones que bordean los 35 millones de dólares, el que está pronto a ser licitado. El otro proyecto se ubica en la ciudad de Talca, Región del Maule, a unos 250 kilómetros al sur de Santiago, y busca construir un conjunto habitacional nuevo contemplando desde el inicio el sistema de calefacción distrital, lo que permitiría expandirse en el tiempo con la construcción de 4 etapas futuras de construcción de viviendas, llegando a un total de más de 2.000 hogares.

Con lo realizado hasta la fecha, y considerando los estudios y reportes más recientes en Chile, se ha analizado un potencial de mercado de la energía distrital de 850 MW (en base a estudios de prefactibilidad y planes maestros desarrollados en 5 ciudades del país), con el consecuente potencial de reducción de gases de efecto invernadero de 193.000 t CO₂e/año.

Estos avances hacen prever que el despliegue de la energía distrital en Chile será sustancial en los próximos años, donde el Ministerio de Energía de Chile y la Agencia de Sostenibilidad Energética se encuentran trabajando para el cumplimiento de estas metas y con ello lograr la creación, en el mediano plazo, de un mercado para la energía distrital.

Para más información de los avances en Chile, se sugiere visitar la página web www.energiadistrital.cl donde será posible encontrar estudios técnicos, noticias, material de difusión, guías temáticas, entre otros.

4. Evolución de los Distritos Energéticos en Colombia

El desarrollo de los Distritos Energéticos responde a la urgente necesidad de las ciudades de migrar a un modelo de desarrollo urbano sostenible, en un contexto cada vez más retador. En ese sentido, Colombia es país pionero en la región en cuanto a la promoción de esta tecnología y modelo de negocio, con la convicción de que será una pieza clave para la configuración de ciudades sostenibles.

4.1. Sector de climatización en Colombia

El uso de los sistemas de climatización en Colombia está inmerso y caracterizado por los sectores residencial, terciario e industrial. Según estimaciones del Análisis de la demanda de enfriamiento y de su potencial de flexibilidad en Colombia UK Impact (2023), se determinó que para el sector residencial y terciario los sistemas de enfriamiento consumen un total de 33% de la energía. Así mismo, se estima que la demanda de energía eléctrica para 2030 crezca hasta un 42.8%, alcanzando 117.72 PJ (32.7 TWh) de energía.

Respecto a la tenencia de sistemas de acondicionamiento de aire en el sector residencial, según los datos reportados en la proyección de demanda de energía eléctrica, potencia máxima y gas natural 2023-2037 de la UPME, el 4.18% de los hogares en Colombia para el 2022 contaba con equipos de aire acondicionado. Como resultado del uso de estos sistemas se considera una demanda total de 45.7 PJ UK Impact (2023) para los sistemas de aire acondicionado y refrigeración con un crecimiento en la demanda de 2.76% anual para el periodo 2022-2030.

Para el sector terciario (comercial y público) la demanda de energía total en 2018 para los sistemas de enfriamiento se estima en 27.8 PJ, siendo los principales sectores de consumo las oficinas, hoteles, hospitales, centros comerciales, entre otros. Para este sector se estima un crecimiento anual de 2.52% de demanda de sistemas de acondicionamiento de aire.

En el sector industrial, se determinó que los sistemas de enfriamiento demandan 9 PJ de energía para los sistemas de enfriamiento para usos de producción de alimentos, bebidas y productos de tabaco, producción de minerales no metálicos y la producción de sustancias y productos químicos, en este sector se estima un crecimiento de 2.17% de demanda de sistemas de acondicionamiento de aire.

Sin embargo, las condiciones de cada ciudad son diferentes respecto a los usos de los sistemas, en la siguiente gráfica se puede identificar las características de uso por sector:

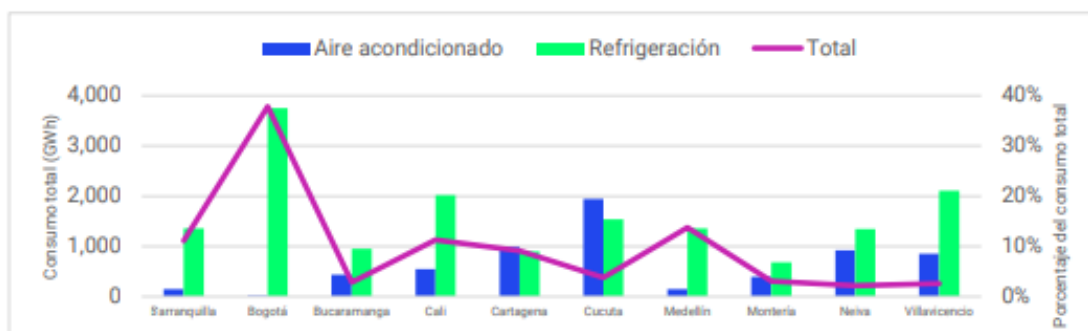


Figura 5. Consumo de energía en GWh para el sector residencial. Fuente: Análisis de la demanda de enfriamiento y de su potencial de flexibilidad en Colombia UK PACT (2023)

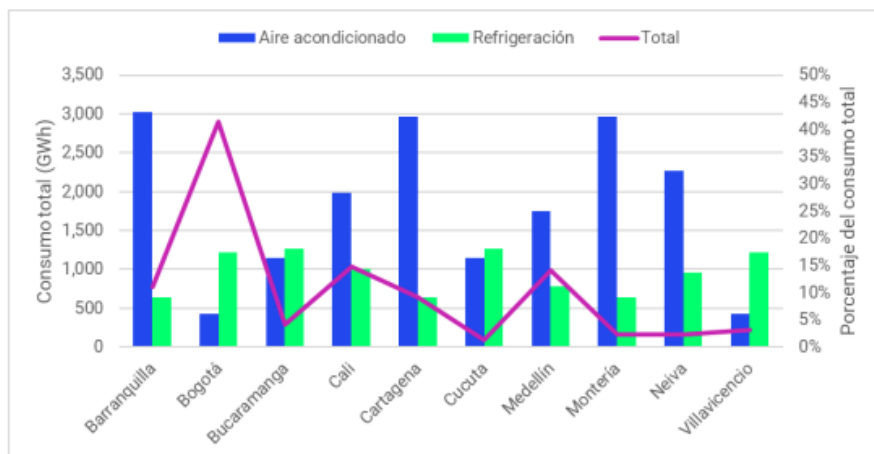


Figura 6. Consumo de energía en GWh para el sector terciario. Fuente: Análisis de la demanda de enfriamiento y de su potencial de flexibilidad en Colombia UK PACT (2023)

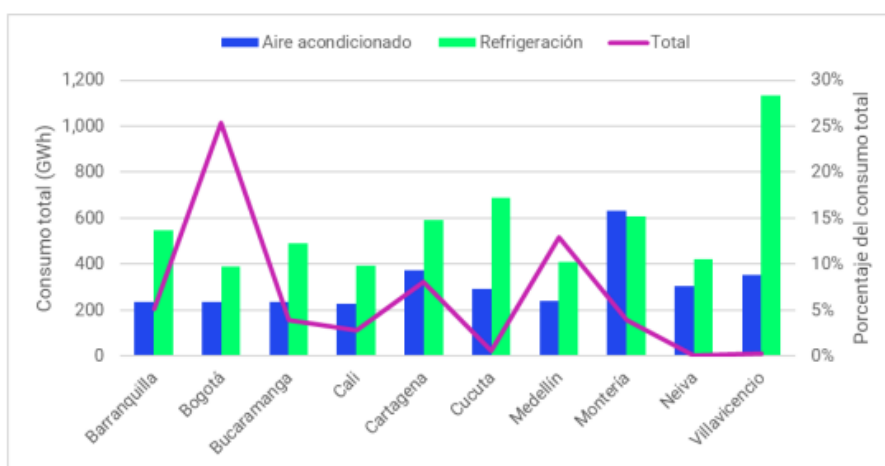


Figura 7. Consumo de energía en GWh para el sector industrial. Fuente: Análisis de la demanda de enfriamiento y de su potencial de flexibilidad en Colombia UK PACT (2023)

Es así como existe una relación directa entre la demanda de climatización y refrigeración, y las condiciones climáticas, sin embargo, ciudades como Bogotá en cuyo clima no es común el uso de aire acondicionado, pueda variar debido al cambio climático.

4.2. Contexto normativo de los Distritos Energéticos en Colombia

La implementación de Distritos Energéticos en Colombia hace parte de las medidas de mitigación para las contribuciones nacionalmente determinadas – NDC por el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. Asimismo, son una medida de eficiencia energética identificada en el Programa de Uso Racional de Energía de la Unidad de Planeación Minero Energética y cuentan con un capítulo específico en el Reglamento Técnico de Instalaciones Térmicas – RETSIT, expedido por el Ministerio de Minas y Energía en diciembre de 2023.

Para fortalecer el enfoque de gestión eficiente de la energía y cambio climático, la Ley 2169 de 2021 define la necesidad de incorporar en los instrumentos sectoriales de planificación, acciones para consolidar diversas medidas, entre ellas, para la masificación y promoción de distritos energéticos como fuente centralizada de energía. Así mismo, existen otras regulaciones clave que fomentan el uso racional y eficiente de la energía y sus incentivos, lo asociado con la autogeneración de energía eléctrica y la comercialización de excedentes, la cogeneración que es definida como la producción de energía térmica y eléctrica.

Asimismo, se ha logrado incluir la promoción de los distritos energéticos en los planes de ordenamiento territorial y de cambio climático en algunas ciudades colombianas.

Sin embargo, no se ha desarrollado una normativa para la construcción de redes de distribución desde distritos energéticos de calor o frío.

A continuación, presentamos un resumen de la normativa en Colombia relacionada con los distritos energéticos:

NORMA	OBJETO
Resolución 40773 de 2023 Ministerio de Minas y Energía	Por la cual se expide el Reglamento Técnico de Instalaciones Térmicas - RETSIT.
Ley 2099 de 2021	Por medio de la cual se dictan disposiciones para la transición energética, la dinamización del mercado energético, la reactivación económica del país y se dictan otras disposiciones
Resolución 030 de 2018 Comisión de Regulación de Energía y Gas	Se regulan aspectos operativos y comerciales para permitir la integración de la autogeneración a pequeña escala y de la generación distribuida al Sistema Interconectado Nacional
Resolución 585 de 2017 Unidad de Planeación Minero Energético	Establecer el procedimiento para evaluar y emitir conceptos sobre proyectos evaluados y certificar el beneficio ambiental para proyectos de eficiencia energética y acceder al beneficio tributario establecido en el Decreto 1625 de 2016 de Minambiente.
Decreto Único Ambiental 1076 de 2015 Minambiente	En el capítulo 3, Licencias ambientales, sección 1, artículos 2.2.2.3.2.2 y 2.2.2.3.2.3 indican las actividades sujetas a licencia. Los proyectos de Distritos Térmicos no están sujetos a procesos de licenciamiento ambiental, aunque se debe considerar las características de diseño.
Resolución 5 de 2010 Comisión de Regulación de Energía Y Gas	Por la cual se determinan los requisitos y condiciones técnicas que deben cumplir los procesos de cogeneración y se regula esta actividad.
Ley 697 de 2001	Mediante la cual se fomenta el uso racional y eficiente de la energía, se promueve la utilización de energías alternativas y se dictan otras disposiciones.
Ley 1715 de 2014	Por medio de la cual se regula la integración de energías renovables no convencionales al sistema energético nacional

Tabla 2. Normativa en Colombia relacionada con los distritos energéticos

Adicionalmente, Colombia cuenta con un marco normativo que regula la importación y exportación de los gases refrigerantes, enfocada principalmente a la implementación del Protocolo de Montreal para la eliminación del consumo de los clorofluorocarbonos (CFC) y los hidroclorofluorocarbonos (HCFC), y la Enmienda de Kigali para la reducción del consumo de hidrofluorocarbonos (HFC). Otras piezas normativas identificadas están

relacionadas a los equipos que contienen gases refrigerantes y la disposición de estos como residuos peligrosos.

Algunas ciudades colombianas cuentan con un marco regulatorio enfocado en la promoción de los distritos energéticos. Entre los instrumentos regulatorios se encuentran los Planes de Ordenamiento Territorial, los Planes de gestión para afrontar el cambio climático y los Planes de gestión ambiental local¹.

4.3. Evolución de los Distritos Energéticos en Colombia

La implementación de los distritos energéticos en Colombia ha sido liderada desde el Ministerio de Minas y Energía y el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible de Colombia, con el apoyo de la Embajada de Suiza- Secretaría de Cooperación Económica y Desarrollo (SECO) y la Organización de Naciones Unidas para el Desarrollo Industrial (ONUDI), a través del Programa Distritos Energéticos en Colombia.

En su primera fase (2013-2019), se logró la construcción del distrito térmico La Alpujarra, ubicado en el centro administrativo de Medellín, como piloto demostrativo y primer distrito energético de Colombia y Latinoamérica. Asimismo, en este periodo se inició el trabajo con el gobierno nacional y los gobiernos de 7 ciudades para mejorar las condiciones del marco regulatorio nacional y local, y brindar asistencia técnica para el desarrollo los distritos energéticos.

La segunda fase del proyecto (2019-2024) permitió fortalecer las condiciones institucionales, de conocimiento y de mercado para acelerar la difusión de los Distritos Energéticos como modelo de infraestructura urbana innovadora y eficiente, especialmente en lo que concierne al servicio de acondicionamiento del aire en entornos urbanos, y distribución de calor para aplicaciones industriales. Se trabajaron tres componentes principales: Institucional, sostenibilidad del conocimiento y desarrollo del mercado.

En este periodo se logró el desarrollo de un marco institucional y regulatorio que permitió la inclusión de los Distritos Energéticos como solución en políticas públicas de 10 ciudades y la expedición del Reglamento Técnico de Instalaciones Térmicas – RETSIT por parte del Ministerio de Minas y Energía. Asimismo, se elaboraron más de 20 estudios de factibilidad técnica y económica, lo que ha permitido seleccionar al menos 12 proyectos potenciales para la implementación de soluciones de energía distrital o servicios tercerizados de enfriamiento.

Adicionalmente, Colombia cuenta con un catálogo de Cualificaciones para el sector de refrigeración, acondicionamiento del aire y distritos energéticos en proceso de aprobación y Normas Sectoriales de Competencia Laboral para la certificación de operadores de distritos energéticos e inspectores RETSIT.

Actualmente, Colombia cuenta con 6 Distritos Energéticos de enfriamiento/industrial en operación y se espera contar con al menos 8 sistemas operando a 2030.

¹ Mayor información sobre el marco regulatorio relacionado con Distritos Energéticos en Colombia en el enlace <https://www.distritoenergetico.com/prueba/normatividad/>

Para el periodo 2025 a 2027, en Colombia se espera promover una mayor implementación y despliegue de proyectos de Distritos Energéticos, promoviendo la inclusión de energías renovables para su operación.

Estos avances hacen prever que el despliegue de los Distritos Energéticos en Colombia y la Energía Distrital en Chile será sustancial en los próximos años, donde diferentes organizaciones en ambos países se encuentran trabajando para el cumplimiento de estas metas y con ello lograr la creación, en el mediano plazo, de un mercado sólido.

5. Principales barreras que se tienen en Chile y Colombia

5.1. Regulatorias

Pese a los avances que posee Chile en relación con interpretaciones, creaciones o modificaciones regulatorias, la dispersión normativa que presentan los cuerpos legales fragmentados y originalmente diseñados para otros fines resulta insuficiente aún, debido a la naturaleza particular y multisectorial de este tipo de proyectos. Por lo anterior, la creación de un marco regulatorio específico para el desarrollo de la energía distrital en Chile se presenta como un desafío importante para facilitar y entregar reglas claras para la implementación masiva de este tipo de sistemas. Asimismo, un marco regulatorio específico centralizaría las facultades de promoción, financiamiento y fiscalización de proyectos, entre otras facultades y derechos, lo que el día de hoy recae en organismos que no necesariamente presentan la misma motivación, desafíos o metas institucionales de quienes promueven los proyectos, o bien, no se encuentran familiarizados con el ámbito energético por lo tanto cuesta que se alineen con el mismo objetivo del Ministerio de Energía.

En Colombia, la estrategia de Distritos Energéticos ha sido exitosa y ha avanzado significativamente en la creación y consolidación de un marco favorable para los distritos energéticos. Un hito relevante es la construcción y adopción del Reglamento Técnico de Instalaciones Térmicas por parte del Ministerio de Minas y Energía, el cual es un referente nacional y también internacional de la reglamentación de la energía térmica como servicio y como uso final, este reglamento establece criterios de eficiencia energética y de sostenibilidad para los distritos energéticos así como para instalaciones de orden individual con el fin de promover que las nuevas instalaciones sean sostenibles y propicias a futuras conexiones a redes de distribución de energía térmica urbana. También, la estrategia contribuyó al establecimiento de condiciones propicias a nivel institucional y de mercado, y logró importantes resultados iniciales en el impulso de esta infraestructura en las ciudades colombianas a través de normatividad local.

Si bien los distritos energéticos se han incluido estratégicamente en diferentes instrumentos regulatorios, Colombia aún carece de un marco institucional y regulatorio sólido y armonizado para los distritos energéticos. Por ello, aún queda trabajo por hacer para la adopción de un instrumento regulatorio que defina los distritos energéticos como infraestructura de servicios energéticos, sus condiciones técnicas, operativas y de mercado, entre otros aspectos.

5.2. Financieras

Los distritos energéticos en Colombia son una realidad en crecimiento, con grandes beneficios para sus usuarios y un potencial significativo de éxito económico para sus desarrolladores y operadores. Sin embargo, debido a la novedad de la solución, su implementación aún enfrenta algunas barreras, una de las cuales es la financiación. Los distritos energéticos no son fáciles de financiar mediante inversión directa ni créditos comerciales del sector financiero. Esta situación se debe, por un lado, a la rigidez y al perfil conservador del sector financiero colombiano; pero también es consecuencia de otras circunstancias que no han sido gestionadas adecuadamente por las entidades gubernamentales, los gobiernos locales, la banca de desarrollo, las aseguradoras, los gestores, los usuarios y otras partes interesadas en los distritos energéticos. Particularmente en Colombia, los desarrolladores de proyectos de eficiencia energética y energía no están interesados en emprender proyectos con un largo periodo de recuperación y un alto gasto de capital, incluso si el proyecto genera una alta rentabilidad. Si bien esto es inherente al negocio y el ciclo de proyecto de los distritos energéticos, se pueden generar herramientas de comunicación más sólidas para transmitir valor a los usuarios finales en términos de ahorros a largo plazo, co-beneficios y la cuantificación de los riesgos operativos en la decisión de inversión, y así reducir el enfoque de los desarrolladores en los beneficios a corto plazo. Trabajar con el sector financiero para desarrollar y poner a prueba soluciones personalizadas para los distritos energéticos podría enviar una fuerte señal al mercado, en particular al sector privado.

Para el caso de Chile, si bien no se está actualmente en una etapa que permita sacar conclusiones en cuanto a la financiación de proyectos, es posible advertir que las barreras financieras que se encontrarán los desarrolladores de proyectos serían similares a las de Colombia.

5.3. Técnicas

En Chile y Colombia existen empresas líderes en ingeniería con la capacidad técnica para diseñar y ejecutar proyectos de distritos energéticos, y en particular en Colombia existe una amplia experiencia en el desarrollo de grandes proyectos de distribución de calor o frío. Asimismo, reconocidos desarrolladores y operadores de proyectos de energía distrital a nivel mundial, así como fabricantes de piezas y equipos, han mantenido una presencia local, durante años y conocen las particularidades del mercado en los dos países. Adicionalmente, en Colombia existe un grupo de diseñadores y consultores con competencia técnica e incluso certificaciones internacionales, y un mercado consolidado de instaladores e integradores de tecnología de ingeniería térmica, que se han desarrollado en conjunto con la industria minera y petrolera. Sin embargo, este grupo aún es pequeño para la rápida promoción de los distritos energéticos que se espera y se necesita en Colombia. Por su parte Chile, visualiza la inclusión de empresas extranjeras en el desarrollo de proyectos, lo que también reforzaría la eventual falta de mercado de empresas especializadas en el diseño técnico, instalación, mantenimiento y operación de sistemas de energía distrital.

Por el lado de la información sobre la demanda de energía térmica, clave para el diseño de los proyectos, en el caso de Colombia esta data no es clara y, en muchos

casos, no existen mediciones ni caracterización del consumo. Esta falta de información de fuentes oficiales sobre el consumo y el uso final de la energía dificulta la identificación de oportunidades para el desarrollo de Distritos Energéticos, así como el dimensionamiento adecuado de sus sistemas. Fortalecer las herramientas y capacidades locales y regionales para mapear, evaluar y divulgar el potencial de las fuentes de energía renovables para los distritos energéticos es también una prioridad fundamental. Chile en este sentido ha avanzado con la realización de diversos estudios de caracterización de consumos de energía en diferentes sectores y la realización de mapas de calor, que muestran la demanda y oferta de energía térmica georeferenciada en el territorio, para indicar los lugares más propicios para la implementación de proyectos.

5.4. Institucionales

En Chile una barrera que se ha evidenciado en los últimos años es la falta de facultades institucionales para la promoción de proyectos, principalmente por parte del Ministerio de Energía, lo que tiene que ver con la regulación del país, pero este hecho hace sobrecargar la coordinación interinstitucional con otros organismos públicos para aunar esfuerzos, alinear expectativas y usar las facultades de cada uno en vías de facilitar la implementación de proyectos.

Lo anterior, se exagera por la falta de capacidad técnica de otras instituciones públicas, sobre todo lo que ocurre a nivel municipal en algunos casos, donde no cuentan con los equipos humanos técnicos necesarios para entender y organizar los proyectos en sus territorios.

6. Oportunidades para Chile y Colombia

Como siguiente paso natural del recambio tecnológico en el sector de climatización de ambos países, se hace evidente la necesidad de acelerar la implementación de proyectos de energía distrital o distritos energéticos.

Es por ello que, junto a las políticas públicas diseñadas, cambios regulatorios implementados, capacidades país creadas a la fecha, se requiere hoy de mayor inversión, disponibilidad de recursos públicos para subsidios, voluntad política y coordinación público-privada para masificar el desarrollo de proyectos. Por cierto, también es necesario seguir perfeccionando y actualizando las políticas públicas y regulaciones para irse adaptando a los desafíos globales dinámicos en materia energética y de cambio climático.

Todos estos aspectos se plantean como enormes oportunidades tanto en Chile como Colombia principalmente por factores como:

- Políticas de promoción e impulso a la energía distrital y distritos energéticos.
- Empalme con otras políticas públicas que se promulgan en materia de eficiencia energética, energías renovables, calidad del aire y cambio climático.
- Existencia y perfeccionamiento de la regulación habilitante para energía distrital.
- Establecimiento de metas país que requieren del avance de las diferentes alternativas tecnológicas.

- Adhesión a acuerdos internacionales.
- La posibilidad de tomar experiencias de otros países que tiene más años de desarrollo.
- La posibilidad de establecer lazos de cooperación con organizaciones internacionales especializadas en la materia.
- Presencia en los países y la región de empresas con vasta experiencia.
- Capacidad técnica pública y privada para la promoción de proyectos.

A continuación, se detallan 2 puntos interesantes de mostrar, a raíz del avance de ambos países en estas temáticas:

6.1. Integración con eficiencia energética en edificaciones

La eficiencia energética en edificaciones constituye una condición sinérgica con la implementación de sistemas de energía distrital. Reducir y estabilizar la demanda térmica, mediante medidas pasivas (diseños bioclimáticos, mejora de envolvente, hermeticidad, control solar, ventilación eficiente, etc.), permite dimensionar mejores sistemas que pueden trabajar a temperaturas adecuadas, disminuyendo la potencia requerida en equipos y redes, como también menores temperaturas (en el caso de la calefacción), así mismo el uso de tecnologías más eficientes y sostenibles, como bombas de calor centralizadas, recuperación de calor residual, sistemas de control y automatización y calderas de biomasa de menor capacidad, inclusive la integración con fuentes no convencionales de energía. Esto se traduce en menores costos de inversión, operación y mantenimiento, y en última instancia una menor tarifa para los usuarios finales, haciendo más viable técnica y económicamente el sistema de energía distrital.

6.1.1. Oportunidades en Chile

En este contexto, la actualización de la Reglamentación Térmica y los lineamientos del Plan Nacional de Eficiencia Energética 2022 - 2026 (PNEE) de Chile resultan fundamentales para asegurar edificaciones compatibles con soluciones energéticas colectivas como la energía distrital, promoviendo una transición energética ordenada, eficiente y sostenible.

El PNEE establece como una de sus líneas de acción la necesidad de mejorar el desempeño térmico de las edificaciones nuevas y existentes. Para lograr esto, propone: “Actualizar los estándares de eficiencia energética para edificaciones, con el objetivo de reducir su demanda energética, especialmente la térmica”, por lo tanto, la Reglamentación Térmica se posiciona como el principal instrumento para reducir la demanda térmica en viviendas. Además, esta actualización forma parte del paquete regulatorio habilitante para la implementación de la Ley de Eficiencia Energética, promulgada en 2021.

Esto está en sintonía con el objetivo del PNEE de lograr que las viviendas nuevas reduzcan su demanda térmica en 30 % al 2026 respecto a las condiciones base del año 2019.

La planificación de edificaciones y espacios urbanos debe incorporar, desde las etapas iniciales de diseño, criterios de eficiencia energética y previsión para la conexión a sistemas de energía distrital. Considerar orientaciones, formas urbanas compactas, densidades adecuadas, continuidad espacial e instalaciones térmicas no solo mejora el rendimiento energético de las construcciones, sino que también facilita la implementación futura de soluciones colectivas, sin requerir invertir en adaptaciones posteriores. Esta mirada anticipatoria, basada en la planificación integrada del entorno construido, permite reducir barreras técnicas y económicas, promoviendo una infraestructura urbana más resiliente, eficiente y conectada.

Caso de éxito de Chile: Proyecto Urbano Habitacional con Energía Distrital

En la ciudad de Talca, región del Maule, a 250 kilómetros al sur de Santiago, el Ministerio de Vivienda y Urbanismo está impulsando el desarrollo de un proyecto de macro urbanización, que busca la creación de barrios con identidad, áreas verdes y espacios públicos seguros y que incorporen diversidad, donde a modo de innovación se incorpora la energía distrital desde el inicio del proyecto.

El objetivo es la construcción de un conjunto habitacional integrado socialmente, sustentable y de alta calidad urbana, que considere altos estándares de eficiencia energética, como en aislación térmica y protecciones solares. Dentro del proyecto se suma la implementación de un sistema de calefacción y agua caliente sanitaria distrital que se ajuste a las necesidades de los usuarios.



Figura 8. *Ian de macroubanización de Talca. Fuente: Seremi de Vivienda y Urbanismo Región del Maule - SERVIU Maule.*

6.1.2. Oportunidades en Colombia

Por medio de la Resolución del Ministerio de Minas y Energía 40156 de 2022, Colombia adopta el Plan de Acción Indicativo del Programa de Uso Racional y Eficiencia de Energía - PROURE, en el cual establece las acciones y medidas que el país debe adoptar para la reducción del consumo y emisiones producto del uso de energía. En este documento, se definen las metas potenciales de ahorro por cada sector, considerando que los distritos térmicos como una estrategia transversal que permite dar el cumplimiento a las metas de ahorro energético del país producto de los compromisos nacionales e internacionales.

Sector	Ahorro potencial PJ	Emisiones Evitadas MTonCO ₂	Relación PJ/MTonCO ₂
Residencial	523.07	8.23	63.48
Transporte	673.33	50.33	13.38
Terciario	131.71	6.25	21.07
Industrial	256.36	14.12	18.17
Termoeléctrico	25.46	1.89	13.46
Hidrocarburos	27.67	1.66	16.67
Minería	11.46	0.77	14.86
Edificaciones	38.08	1.75	21.68
Almacenamiento	1.05	0.003	377.80
Distritos térmicos	0.35	0.008	45.17

Figura 9. Metas PAI-PROURE 2022-2030. Fuente UPME

En este caso para Colombia la meta de reducción producto de la implementación de la estrategia distritos energéticos es de un potencial de 0.35 PJ de energía, siendo sus principales usos en el sector terciario.

Los Distritos Energéticos han cobrado tal relevancia que dentro de la hoja de ruta nacional de edificaciones carbono neto cero fue incluida como una estrategia esencial para lograr que las edificaciones en 2050 logren la carbono neutralidad.

6.2. Potencial de mercado

En Chile y Colombia es posible estimar un interesante crecimiento de mercado en torno a la energía distrital, la cual puede ser replicable por cualquier país de Latinoamérica y el Caribe (LAC), lo que permitiría en el mediano y largo plazo contar con una región de LAC como un polo atractivo de inversiones y desarrollo.

Desde el punto de vista de la inversión en proyectos, los factores más relevantes para la escalabilidad son la atracción de inversión privada y disponibilidad de fondos públicos para el apoyo a proyectos. Instancias como la promoción de las carteras de proyectos de los países, así como el esclarecimiento del marco regulatorio y la declaración de intereses y voluntades políticas a nivel país, podrían atraer a inversionistas y desarrolladores que hoy construyen y operan mega-sistemas alrededor del mundo.

6.2.1. Oportunidades en Chile

Chile ha recorrido un camino de más de una década en generar las condiciones habilitantes para masificar la implementación de proyectos en las ciudades y con ello alcanzar los beneficios perseguidos sobre calidad del aire y mitigación de GEI, evidenciando los frutos de este trabajo con cerca de 20 estudios de prefactibilidad, 5 planes maestros a escala de ciudad, y dos proyectos a punto de ser pilotados, entre otros avances relevantes. A esto se suman las experiencias aisladas que existen operando incluso desde los años 70, de menor y mayor escala, que de igual forma representan ser referentes para el desarrollo, permanencia y adaptación en el tiempo.

Actualmente, se ha estimado un potencial de mercado en Chile de cerca de 1.200 millones de dólares, lo que representaría una capacidad instalada de calor y frío de 853MW de potencia y mitigación de emisiones GEI de 193,000 tCO₂eq/año. Esto según la cartera de proyectos que abarcan 16 zonas de menor escala, 5 planes maestros de nivel ciudad o gran escala y los 2 proyectos piloto que se encuentran próximos a ser licitados en la Región Metropolitana y la Región de Maule.

Asimismo, Chile a través de su política energética nacional se ha puesto la ambiciosa meta de conectar al menos 500.000 usuarios a redes de energía distrital a 2050, lo que refuerza el compromiso de la creación de un mercado que aporte a los objetivos de carbono neutralidad y transición energética que experimenta Chile.

Por otro lado, para complementar la inversión privada, así como maximizar los beneficios sociales de este tipo de soluciones, los gobiernos deberían ser capaces de movilizar recursos públicos para entregarles a aquellos proyectos que tengan un potencial importante de beneficios sociales. En este sentido, Chile ha estado avanzando en el establecimiento de una metodología de evaluación social de proyectos de energía distrital, la que permitirá identificar y valorizar de mejor manera los beneficios sociales de esta solución, permitiendo acceder a fondos públicos regionales para apoyo a la inversión.

6.2.2. Oportunidades en Colombia

En Colombia, los distritos energéticos son un mercado en desarrollo para la concepción de sistemas energéticos urbanos, alineados con nuevos criterios de responsabilidad ambiental que se imponen entre empresarios, inversionistas, academia, sector público y ciudadanos del común. Son una estrategia clave para el modelo de economía circular que impulsa el Gobierno nacional, como respuesta a las exigencias cada vez más intensas del calentamiento global.

Hoy ya se entiende que las ciudades tienen su propio “metabolismo urbano”, donde los distritos energéticos abren paso a un reaprovechamiento de esfuerzos y energía crucial para un futuro sostenible en las ciudades. Al permitir el agrupamiento de múltiples usuarios bajo una misma red de distribución, con sensores de monitoreo inteligente que reducen costos de operación y mantenimiento, representan la manera más eficiente de reemplazar viejos equipos de climatización altamente contaminantes. El potencial de crecimiento y las oportunidades de transformación que tiene Colombia son enormes. La clave para dar este salto de paradigma está en las decisiones conscientes de cada uno a la hora de consumir o emprender proyectos de inversión. El verdadero impacto de los distritos energéticos está directamente ligado al nivel de penetración que tenga en las ciudades colombianas, para lo cual es necesario el involucramiento de todos los actores.

La estrategia en Colombia ha llevado el país a contar con un contexto que promueve e incentiva los distritos energéticos como una nueva infraestructura de sostenibilidad urbana e industrial.

El mercado colombiano de distritos energéticos cuenta actualmente con:

- Reglamento Técnico de Sistemas e Instalaciones Térmicas adoptado por el Ministerio de Minas y Energía, el cual establece criterios de eficiencia y sostenibilidad ambiental para distritos energéticos.
- Normatividad nacional que establece los distritos energéticos como medida ambiental y de eficiencia energética.
- Normatividad local en diez ciudades que establecen los distritos energéticos como medidas de sostenibilidad urbana.
- Compañías colombianas de ingeniería con experiencia en el diseño, construcción y operación de infraestructuras de distritos energéticos.
- Seis proyectos de distritos energéticos actualmente en operación, cinco para enfriamiento y climatización en sectores comerciales, institucional, hospitalario y residencial; uno en el sector industria que suministra más de cuatro servicios energéticos desde una misma planta de energía.
- Mas de veinte proyectos de alto potencial con estudios de factibilidad técnica y financiera.

7. Conclusiones

En Chile existe un enorme mercado de climatización en el sector de las edificaciones, ya que más del 70% de los consumos de energía en edificios corresponde a usos térmicos (calefacción, agua caliente y cocción de alimentos). A lo largo de sus 4.300 kilómetros de longitud y las diferentes zonas climáticas que tiene el país, no solo existen demandas de calefacción en las edificaciones sino también una creciente demanda de frío producto de los efectos del cambio climático.

La decisión estratégica de Chile de focalizar los esfuerzos en la integración de energía distrital en las políticas y regulaciones existentes, en lugar de desarrollar nuevas, ha resultado muy eficaz para avanzar en buenas condiciones habilitantes. Asimismo, la institucionalidad y el liderazgo del Ministerio de Energía de Chile y la Agencia de Sostenibilidad Energética son relevantes para encauzar el desarrollo y buscar sinergias entre iniciativas.

A la fecha se ha analizado un potencial de mercado de la energía distrital de 850 MW de potencia instalada para calor y frío, con el consecuente potencial de reducción de gases de efecto invernadero de 193.000 tCO²e/año.

Se espera que el proyecto piloto que está para licitación en Santiago de Chile, movilice al sector privado y al mercado, demostrando vías legales y administrativas adecuadas para su implementación y con alto potencial de escalabilidad. Pero, si bien hay avances sustanciales en el análisis de proyectos, todavía existen brechas importantes para el escalamiento, de manera que hay que tomar ventajas de las oportunidades emergentes, así como reforzar los objetivos generales de política pública asociados a la descarbonización, transición energética y descontaminación.

Por su parte Colombia, en su eficaz y estructurada estrategia de implementación de distritos energéticos, ha generado un rápido avance y concreción de iniciativas en diferentes ciudades, lo que tiene hoy a 6 proyectos de distritos energéticos en operación y una veintena de otros estudios y análisis que podrían llevarse a etapa de implementación. Esta ha sido liderada desde el Ministerio de Minas y Energía y el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible de Colombia y el Programa Distritos Energéticos en Colombia.

Consecuentemente al desarrollo de proyectos, la capacidad técnica de empresas colombianas para el diseño, construcción y operación de infraestructuras de distritos energéticos ha crecido y se ha consolidado, lo que permite aseverar que Colombia tiene capacidad al interior del país para el desarrollo de grandes proyectos de distribución de calor o frío.

En lo que respecta a regulación, de la mano del Ministerio de Minas y Energía de Colombia, se han generado normativas de alcance nacional y reglamentos técnicos que amparan y orientan la ejecución de proyectos, así como normativa local en las ciudades que toma las particularidades del territorio.

La cooperación internacional también es un aspecto destacable en Colombia debido a que organizaciones como la Embajada de Suiza - Secretaría de Cooperación Económica y Desarrollo (SECO) y la Organización de Naciones Unidas para el Desarrollo Industrial (ONUDI), han apoyado a los Ministerio de Minas y Energía y el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible en la exitosa implementación del Programa Distritos Energéticos en Colombia.

Finalmente, cabe destacar que las experiencias de Chile y Colombia en el camino de implementar energía distrital o distritos energéticos en sus ciudades, es exportable a otros países de Latinoamérica y el Caribe que comparten desafíos energéticos, ambientales y sociales comunes. Es necesario mostrar el atractivo potencial de la región como un polo de inversión en cuanto a las crecientes demandas de calefacción y enfriamiento; y en cuanto a las necesidades, también crecientes, de recambios tecnológicos para avanzar en las metas ambientales globales.

8. Referencias

Este informe se elaboró a partir de la revisión de documentos técnicos, artículos científicos, y fuentes institucionales especializadas. A continuación, se listan las principales referencias utilizadas:

Agencia de Sostenibilidad Energética (AgenciaSE). (2022). Guía beneficios de conectarse a una red de energía distrital. Disponible en: <http://www.energiadistrital.cl/>

Agencia de Sostenibilidad Energética (AgenciaSE). (2020). Guía normativa para alianzas público-privadas. Disponible en: <http://www.energiadistrital.cl/>

Agencia de Sostenibilidad Energética (AgenciaSE). (2022). Guía 5 pasos para impulsar proyectos de energía distrital. Disponible en: <http://www.energiadistrital.cl/>

Agencia de Sostenibilidad Energética (AgenciaSE). (2022). Guía tecnologías disponibles para energía distrital y oportunidades para el sector. Disponible en: <http://www.energiadistrital.cl/>

Asociación Colombiana de Acondicionamiento del Aire y de la Refrigeración (ACAIRE). Centro de Investigación y Desarrollo de Acondicionamiento de Aire y Refrigeración (CIDARE) (2022). Conozca los distritos térmicos en Colombia. Bogotá D.C., Colombia. https://www.distritoenergetico.com/wp-content/uploads/2022/05/Fichas-tecnicas-DT-Colombia_compressed.pdf

Comisión Nacional de Energía (CNE). (2014). Balance Nacional de Energía.

Cooperación Alemana GIZ & Ministerio de Energía de Chile. (2019). Estudio normativo para la energía distrital en Chile: Opciones para la cogeneración.

Consejo Colombiano de Construcción Sostenible (CCCS). (2022). *Hoja de ruta nacional de edificaciones neto cero carbono*. Recuperado de <https://www.cccs.org.co/mitigacion/hoja-de-ruta-nacional-de-edificaciones-neto-cero-carbono/>

Danish Board of District Heating (DBDH). (s.f.). District heating history. <https://dbdh.org/district-heating-history/>

Danish Board of District Heating (DBDH). (s.f.). The generation battle: 4th versus 5th generation of district heating. <https://dbdh.org/the-generation-battle-4th-versus-5th-generation-of-district-heating/>

International District Energy Association. (2025). District Energy magazine (Q2 2025). International District Energy Association.

Lund, H. et al. (2014). 4th Generation District Heating (4GDH): Integrating smart thermal grids into future sustainable energy systems. *Energy*, 68, 1–11. <https://doi.org/10.1016/j.energy.2014.02.089>

Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (2019). Distritos térmicos: Guía metodológica. Bogotá, D. C., Colombia. https://www.distritoenergetico.com/wp-content/uploads/2020/11/Gui%C3%ACa-metodolo%C3%ACgica-VF_2020.pdf

Ministerio del Medio Ambiente (MMA). (2010). Programa de Recambio de Calefactores.

Ministerio del Medio Ambiente (MMA). (2016). Plan de Descontaminación Atmosférica de Temuco y Padre Las Casas.

Ministerio de Vivienda y Urbanismo (MINVU). (s.f.). Nueva reglamentación térmica. <https://www.minvu.gob.cl/nueva-reglamentacion-termica/>

Ministerio de Vivienda y Urbanismo (MINVU). (2007). Reglamento térmico para la vivienda.

Nielsen, C. A., Decorvet, R., & Mølbak, T. (2025). Seawater heat pump: First operational experience from a mega project in Esbjerg, DK. *HOT|COOL*, (4), 8–12.

ONU Medio Ambiente. (s.f.). Energía distrital en América Latina y el Caribe – Fase I. <https://www.distritoenergetico.com/prueba/fase-i/>

Riahi, L. (2015). District Energy in Cities: Unlocking the Potential of Energy Efficiency and Renewable Energy. United Nations Environment Programme (UNEP).

Østergaard, P. A. et al.. (2022). The four generations of district cooling – A categorization of the development in district cooling from origin to future prospect. *Energy*, 253, Artículo 124098. <https://doi.org/10.1016/j.energy.2022.124098>

UK-PACT (2023) *Estudio de demanda de enfriamiento* [Archivo PDF]. Recuperado de https://www1.upme.gov.co/DemandayEficiencia/Documents/Estudio_de_Demanda_de_Enfriamiento_VF.pdf

Unidad de Planeación Minero-Energética (UPME). (2022). *Documento PROURE 2022–2030* (Versión 4) [Archivo PDF]. Recuperado de https://www1.upme.gov.co/DemandayEficiencia/Documents/PROURE/Documento_PROURE_2022-2030_v4.pdf.

Unidad de Planeación Minero Energética (UPME). (2024). *Proyecciones de demanda final* [Archivo PDF]. Recuperado de https://www1.upme.gov.co/DemandayEficiencia/Documents/Proyecciones_de_Demanda_Final_v_31_01_2024.pdf

ternational District Energy Association.

Lund, H. et al. (2014). 4th Generation District Heating (4GDH): Integrating smart thermal grids into future sustainable energy systems. *Energy*, 68, 1–11. <https://doi.org/10.1016/j.energy.2014.02.089>

Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (2019). Distritos térmicos: Guía metodológica. Bogotá, D. C., Colombia. https://www.distritoenergetico.com/wp-content/uploads/2020/11/Gui%C3%ACa-metodolo%C3%ACgica-VF_2020.pdf

Ministerio del Medio Ambiente (MMA). (2010). Programa de Recambio de Calefactores.

Ministerio del Medio Ambiente (MMA). (2016). Plan de Descontaminación Atmosférica de Temuco y Padre Las Casas.

Ministerio de Vivienda y Urbanismo (MINVU). (s.f.). Nueva reglamentación térmica.
<https://www.minvu.gob.cl/nueva-reglamentacion-termica/>

Ministerio de Vivienda y Urbanismo (MINVU). (2007). Reglamento térmico para la vivienda.

Nielsen, C. A., Decorvet, R., & Mølbak, T. (2025). Seawater heat pump: First operational experience from a mega project in Esbjerg, DK. HOT|COOL, (4), 8–12.

ONU Medio Ambiente. (s.f.). Energía distrital en América Latina y el Caribe – Fase I.
<https://www.distritoenergetico.com/prueba/fase-i/>

Riahi, L. (2015). District Energy in Cities: Unlocking the Potential of Energy Efficiency and Renewable Energy. United Nations Environment Programme (UNEP).

Østergaard, P. A. et al.. (2022). The four generations of district cooling – A categorization of the development in district cooling from origin to future prospect. Energy, 253, Artículo 124098. <https://doi.org/10.1016/j.energy.2022.124098>



olacde

ORGANIZACIÓN
LATINOAMERICANA Y
CARIBEÑA DE ENERGÍA

LATIN AMERICAN AND
CARIBBEAN ENERGY
ORGANIZATION

ORGANIZAÇÃO
LATINO-AMERICANA E
CARIBENHA DE ENERGIA

ORGANISATION
LATINO-AMERICAINE ET
CARIBÉENNE D'ÉNERGIE