

# **Proyecto Piloto Calefacción Distrital en el sector Escuela Agrícola de Coyhaique**

BIP 30474284-0

Departamento de Calidad del Aire

SEREMI de Medio Ambiente, Aysén

Diego Portales 125, Coyhaique



## Contenido

Calefacción Distrital en el Sector Escuela Agrícola de Coyhaique .....	1
1. Presentación de la Iniciativa de Inversión.....	5
1.1 Introducción .....	5
1.2 Resumen y Conclusiones.....	6
1.3 Datos Generales del Proyecto .....	6
1.4 Programa de la Consultoría.....	6
2. Preparación del Proyecto .....	8
2.1 Identificación del Problema .....	8
2.1.1 Análisis de Causas .....	8
2.1.2 Propuesta para enfrentar el problema. ....	9
2.1.3 Definición de Necesidades y Resultados.....	11
2.1.4 Definición de Objetivos.....	13
2.1.5 Indicadores de programa y medios de verificación .....	13
2.2 Diagnóstico:.....	14
2.2.1 Mapa de Actores.....	14
2.2.2 Identificación de Área de Estudio y Área de Influencia .....	16
2.2.3 Identificación de la Población Objetivo .....	24
2.2.4 Demanda .....	27
2.2.5 Oferta .....	35
2.2.6 Déficit.....	37
2.2.7 Tramitaciones y Regulaciones .....	39
2.3 Identificación de Alternativas .....	40
2.3.1 Optimización de la Situación Base.....	40
2.3.2 Configuración de Alternativas de Solución .....	40
2.3.3 Definición de alternativas de Modelo de Administración.....	52
2.3.4 Conclusiones y selección de un Modelo de Administración .....	55
2.3.5 Opciones de Modelo de Negocios.....	56
2.3.5.1 Opción 1: Organización por Concesión.....	57
2.3.5.2 Opción 2: Organización por licitación. ....	58
3. Evaluación del Proyecto.....	59
3.1 Escenarios de Costo – Beneficio.....	59
3.1.1 Identificación y descripción de Costos.....	60
3.1.2 Identificación de los beneficios.....	65
3.1.3 Flujo de beneficios netos.....	67
3.2 Indicadores de evaluación económica.....	67
3.2.1 Alternativa Base. Análisis Privado con calderas a Astillas + Pellet.....	68



3.2.2	Alternativa 01. Diésel Cogeneración (CH) .....	72
3.2.3	Alternativa 02. Pellet.....	74
3.2.4	Alternativa 03. Pellet y Astillas CH. ....	76
3.2.5	Cronograma Resumido de Actividades.....	78
4.	Conclusiones.....	80
5.	Referencias.....	81
6.	Anexos.....	84



## 1. Presentación de la Iniciativa de Inversión

### 1.1 Introducción

Coyhaique es la ciudad que presenta los mayores problemas de contaminación atmosférica a nivel nacional, situación que está directamente asociada a problemas de salud como enfermedades cardiorrespiratorias, muertes prematuras y un alto costo en servicios de salud. Las condiciones geográficas, climáticas, constructivas y ventilación de la ciudad refuerzan los escenarios desfavorables de calidad de aire, especialmente durante los meses de otoño-invierno entre Abril a Septiembre cuando la principal fuente de emisión de contaminantes, el uso de leña para calefacción residencial, se intensifica.

La falta de adopción de sistemas de calefacción limpia en viviendas está arraigada al deficiente acceso a mejores conductos de distribución de energía térmica de calidad y eficiente, el arraigo cultural hacia la leña y por el mayor costo asociado al uso de nuevas tecnologías.

Con esta óptica es preciso indicar que el problema de la contaminación atmosférica en la ciudad de Coyhaique tiene un carácter socio-ambiental que requiere de una intervención tecnológica integral que garantice la disminución de la fragmentación de las prácticas de calefacción y alivie la incidencia de problemas asociados al empleo y operación de los energéticos más contaminantes.

De acuerdo a lo señalado anteriormente, tanto el Plan de Descontaminación Atmosférica por material particulado 10 (PDA) en vigencia desde marzo del 2016, la Ruta Energética 2018-2022 y la Estrategia Energética Local de Coyhaique son instrumentos en donde se plantea el diseño y la construcción de un proyecto piloto de calefacción distrital cuyo objetivo no solamente viene a aportar en el trabajo de descontaminación de Coyhaique, sino también el ser una oportunidad en la habilidad del sector público en la propuesta de iniciativas de alternativas eficientes de calefacción y electricidad en conjunto con el desarrollo regional.

El sistema de calefacción distrital es una infraestructura que servirá para suministrar calefacción y Agua Caliente Sanitaria (ACS), de forma centralizada, a través de la distribución de agua caliente, primeramente a un conjunto de edificaciones públicas y a un grupo de viviendas en el sector con el objetivo principal de reducir la emisión de contaminantes atmosféricos. Los objetivos específicos buscan mejorar el acceso, por efectos de costos y distribución, a sistema de energía térmica distrital; y establecer un plan de escalabilidad y continuidad del sistema incluyendo edificios públicos y viviendas.

En este análisis, la Secretaría Regional Ministerial del Medio Ambiente de la Región de Aysén, como ente formulador del proyecto, a través de los estudios de factibilidad, desarrolla un diagnóstico, objetivos, análisis de alternativas y evaluación económica que informan la alternativa para el diseño de un sistema distrital en el sector de Escuela Agrícola.

## 1.2 Resumen y Conclusiones

Mediante el presente estudio se han analizado distintas opciones del sistema distrital para dar cumplimiento a los objetivos propuestos en el diagnóstico. Las alternativas evaluadas y los posibles resultados son los siguientes:

ALTERNATIVAS	CNE en VAN=0	VAN	VAC	TdD	TIR
Situación Base Optimizada	S/I	MM \$ -19,1	MM \$ -140,8	6%	-1,37%
Evaluación Privada	S/I	MM \$ -2.868,8	MM \$ -2.903	12%	-4,52%
Opción 01. Diésel CH	\$123/kWh	MM \$ -736,2	MM \$ -2.917	6%	S/I
Opción 02. Pellet	\$60/kWh	MM \$ -116,5	MM \$ -2.166	6%	3,63%
Opción 03. Astillas / Pellet CH	\$18/kWh	MM \$ 308,4	MM \$ -1.934	6%	9,33%

Según el análisis costo-beneficio, se elige la opción N°3 que corresponde a un sistema con cogeneración de electricidad que permite la combustión de astillas y pellet, que presenta el mayor Valor Actual Neto (VAN) y una Tasa Interna de Retorno (TIR) mayor a la tasa de descuento.

## 1.3 Datos Generales del Proyecto

Nombre	Calefacción Distrital en el Sector Escuela Agrícola de Coyhaique
Tipología	Proyecto Metodología General
Sector/Subsector	Escuela Agrícola
Localización	Calle 1 s/n
Superficie Terreno	1.033,5 m <sup>2</sup>
Situación Terreno	Terreno fiscal asignado mediante resolución
Institución Responsable de la Etapa	SEREMI del Medio Ambiente, Región de Aysén
Institución Financiera	FNDR
Institución Técnica	SEREMI de Obras Públicas, Región de Aysén
Monto de Financiamiento	\$ 95.835.000
Código BIP	30474284-0

## 1.4 Programa de la Consultoría

El presente informe es parte del desarrollo de una estrategia, estudio de factibilidad técnica y financiera para el diseño de un sistema de calefacción distrital en el sector Escuela Agrícola según los requerimientos establecidos, entre otros, por la Secretaría Regional del Medio Ambiente de la Región de Aysén en el Plan de Descontaminación Atmosférica de Coyhaique (PDA).



El proyecto tiene la finalidad de ser un piloto que permita implementar un tipo de solución colectiva a la reducción de emisión de contaminantes atmosféricos y replicarlo a una escala mayor en la ciudad y región. El desarrollo del proyecto se detalla a continuación.



## 2. Preparación del Proyecto

### 2.1 Identificación del Problema

Para definir la necesidad de implementar un proyecto de calefacción distrital que suministre los servicios de calefacción y ACS a distintos edificios y viviendas es necesario definir la problemática sujeta a la génesis de este proyecto.

#### 2.1.1 Análisis de Causas

Coyhaique es la ciudad que presenta los mayores problemas de contaminación atmosférica a nivel nacional (WHO, 2016). La gran cantidad de episodios en que la concentración de material particulado grueso (MP10) y fino (MP2,5) han superado los niveles recomendados por la Organización Mundial de la Salud y la normativa chilena actual<sup>1</sup>, significan una exposición prolongada a contaminantes tóxicos que están directamente asociados a causantes de problemas de salud como enfermedades cardiorrespiratorias, muertes prematuras y un alto costo en servicios de salud (MMA, 2016). A la vez las condiciones geográficas, climáticas y ventilación de la ciudad refuerzan los escenarios desfavorables de calidad de aire, especialmente durante los meses de otoño-invierno entre Abril a Septiembre.

Dentro de las principales causas del deterioro de la calidad del aire de la ciudad se atribuye a la alta demanda de leña como combustible en viviendas para la calefacción y cocción de alimentos y al generalizado uso de ella con una baja calidad (contenido de humedad mayor al 25%). Según la Actualización de Inventario de Emisiones para la Zona Saturada de Coyhaique del 2017, el 99.86% del MP 10 y el 99.67% del MP 2,5 emitido es de procedencia residencial (MMA, 2017).

Se establecen al menos cuatro factores socio-ambientales que han convertido al uso de leña en viviendas en la principal fuente de contaminación atmosférica:

1. Aislación precaria de viviendas que no permite conservar el calor generado por la combustión.
2. Extendido uso de artefactos (cocinas y calefactores) no certificados, de baja eficiencia y alta emisión de contaminantes.
3. Comercialización de leña sin estándares de calidad o sequedad.
4. Malas prácticas de los consumidores al usar leña húmeda o verde, mal uso de los artefactos y sobrecalentamiento de los recintos interiores.

A ello se suma la baja disposición al cambio del uso de leña como alternativa de solución. Según la Política Energética al 2050, Región de Aysén, el 58% de los encuestados argumentan que no estarían a disposición para el cambio: por costumbre (41% de las respuestas), calidad de calor (26%), menor precio (19%) y facilidad de acceso (10%) (Energía, 2017).

<sup>1</sup> Desde el año 1998, Chile cuenta con una norma primaria de calidad de aire para MP10, que fija los límites de concentración para este contaminante, las metodologías válidas para su medición, las condiciones de superación de la norma y su fiscalización.

En consecuencia, la falta de adopción de sistemas de calefacción limpia en viviendas está arraigada en la dificultad en el acceso a mejores conductos de distribución de una energía térmica de calidad y eficiente, y por el mayor costo asociado al uso de nuevas tecnologías, tanto en la calidad de construcción para alcanzar confort térmico, como en el uso de la energía térmica. Estos componentes definen también, la alta tasa de vulnerabilidad energética a nivel urbano y domiciliario. En este escenario, la diversificación a una matriz energética más sustentable y menos contaminante ha logrado escasos avances en la región. Aún más, la situación histórica de aislamiento de la Región de Aysén debido a efectos climáticos y de diversas características geofísicas han repercutido en la fragilidad de inversión a gran escala, dificultad de integración al resto del territorio nacional, el escaso desarrollo de densidad poblacional y de desarrollo científico, tecnológico e innovación (SUBDERE, 2012).

Con esta óptica es preciso indicar que el problema de la contaminación atmosférica en la ciudad de Coyhaique tiene un carácter socio-ambiental. Por efectos de la vulnerabilidad geográfica de la región junto al reducido acceso a fuentes menos contaminantes para calefacción, requieren de una intervención tecnológica integral que garantice la disminución de la fragmentación de las prácticas de calefacción y alivie la incidencia de problemas asociados al empleo y operación de los energéticos más contaminantes.

### 2.1.2 Propuesta para enfrentar el problema.

Para dar respuesta este desafío, el Plan de Descontaminación Atmosférica para MP10 (desde ahora, PDA) publicado el 28 de Marzo del 2016, entre otras iniciativas y a través del artículo 32 señala que *“durante la vigencia del Plan, la SEREMI de Medio Ambiente diseñará y ejecutará un proyecto piloto de calefacción distrital dentro del radio urbano de la zona saturada”* (PDA, 2016:25). Si bien la iniciativa tiene una vigencia de ejecución hasta el 2026, el desarrollo de programas y proyectos energéticos de carbono neutral o cero, de mayor envergadura, han permitido ubicar este proyecto en particular como una prioridad regional y nacional. Dentro del programa de gobierno 2018-2022 se hace énfasis en la necesidad del *“... desarrollo de sistemas de calefacción distrital en localidades de la zona centro-sur del país, el reacondicionamiento térmico de viviendas de mayor antigüedad, entre otras medidas”* (Gob, 2017).

De la misma forma la Ruta Energética 2018-2022 establece la promoción de la calefacción distrital a nivel nacional y específicamente regional a través del impulso de proyectos pilotos, avance en un marco normativo y herramientas de información para dar factibilidad técnica y económica al desarrollo de estos sistemas (Energía, 2018).

Con la misma premisa, la Estrategia Energética Local de Coyhaique, desarrollada a partir del programa de Comuna Energética, establece objetivos de corto y mediano tiempo para el desarrollo de proyectos de energía distrital en la ciudad, con el objetivo de impulsar fuentes de energías térmicas limpias en nuevos barrios residenciales (EBP, 2017).

Alternativamente, los estándares de Construcción Sustentable impulsados por el Ministerio de Vivienda y Urbanismo definen criterios para sistemas distritales con co-generación con el objetivo de reducir la demanda y consumo energético en viviendas generando el menor impacto posible (MINVU, 2018).

A fin de dar cabida a algunas de las iniciativas de desarrollo urbano se diseñó simultáneamente la creación del Barrio de Servicios Públicos y de Acción Ciudadana (BASAC) y la implementación de un proyecto piloto de calefacción distrital que permitiría que *“un grupo de vecinos organizados obtengan calefacción por medio de una red de agua caliente, la que se distribuirá a las casas a partir de una fuente de energía central y común”* (PEDZE, 2014:107).

De acuerdo a lo señalado anteriormente, existen variados instrumentos en donde se plantea el diseño y la construcción de un proyecto piloto de calefacción distrital cuyo objetivo no solamente viene a aportar en el trabajo de descontaminación de Coyhaique, sino también el ser una oportunidad en la habilidad del sector público y privado en la propuesta de iniciativas de alternativas eficientes de calefacción y electricidad en conjunto con el desarrollo regional.

La calefacción distrital es una infraestructura energética que servirá para suministrar calefacción y Agua Caliente Sanitaria (ACS), de forma centralizada, a un conjunto de edificaciones públicas dentro del área BASAC y a un grupo de viviendas en el sector con el objetivo de *“reducir los niveles de contaminación atmosférica generados por la combustión residencial de leña en condiciones inadecuadas, sin dejar de fomentar el uso de biomasa como un energético local y renovable”* (UDT, 2013:3). Esto se hace a través de reducir las complejidades de lograr una combustión óptima de biomasa, centralizando la operación, control de emisiones y mantenimiento de los equipos. En cuanto a su adopción, es una tecnología madura que se encuentra extensamente desarrollada en el norte de Europa y está sujeta a las condiciones de los instrumentos de planificación territorial y a la operación por entidades públicas, como municipalidades y otros servicios.

Los sistemas de energía distrital ofrecen beneficios al mejorar calidad del aire, mejoras en la eficiencia energética, eficiencia operativa, uso de recursos locales y renovables, menor demanda de electricidad y estrés de la red eléctrica, y potenciales menores costos de calefacción y/o refrigeración. En Chile la experiencia es escasa y limitada a proyectos privados residenciales como se señala a continuación:

**Torres de San Borja:** El proyecto está ubicado en la comuna de Providencia en Santiago, y abastece ACS y Calefacción, a través de una caldera de biomasa (pellets y/o chips). Tiene una potencia instalada de 3.000 kW. Los usuarios de esta calefacción son 2.600 departamentos de aproximadamente 100 m<sup>2</sup>.

**Condominio Frankfurt:** El condominio Frankfurt, ubicado en Temuco, cuenta con un sistema de geotermia que abastece a un condominio de alrededor de 34 viviendas, con altos estándares de eficiencia energética que alcanzan una demanda anual de 25 kWh/m<sup>2</sup> por año

**Condominio Cumbres del Cóndor:** Este proyecto ubicado en Vitacura cuenta con 5 torres, con un total de 58 departamentos de entre 260 y 300 m<sup>2</sup> cada uno, que se abastecen con un sistema a biomasa, de 800 kW de potencia, y que además cuenta con un sistema a GLP de respaldo de igual potencia.

**Aguas Araucanía:** Se trata de un proyecto piloto del año 2016 en la comuna de Temuco suministra calefacción y ACS a 5 viviendas, para que en una segunda etapa se extienda a 224 viviendas.

Sin embargo en el último tiempo, el desarrollo de estudios de factibilidad de sistemas distritales para la calefacción y refrigeración ha tomado un nuevo impulso, desde el sector público, en su mayoría para dar cumplimiento a los requisitos de los Planes de Descontaminación Atmosféricos a nivel nacional y del sector privado en oportunidades de inversión bajo la modalidad de ahorro y eficiencia energética a través de empresas de servicios energéticos ESCOs.

Recientemente se publicó el Manual de Desarrollo e Implementación de Proyectos de Energía Distrital en el que han actuado representantes del Ministerio de Energía (MINEnergía), Ministerio del Medio Ambiente (MMA), Ministerio de Vivienda y Urbanismo (MINVU), EBP, GIZ y ONU Ambiente. El objetivo es desarrollar una metodología para el desarrollo de proyectos de energía distrital a nivel nacional en los que se ha basado el presente informe.

Por otro lado, ONU Ambiente en asociación con el MMA y el MINEnergía, está implementado el programa Energía Distrital en Ciudades, como una iniciativa global para desbloquear el potencial de la eficiencia energética y energía renovable. Actualmente se están desarrollando iniciativas en 10 ciudades de Chile. En convenio con la Municipalidad de Coyhaique, se está impulsando un estudio de pre-factibilidad a nivel urbano de proyectos bajo distintos regímenes de modelo de negocios y administración.

A la vez, la Unidad de Energía Distrital y Geotermia del Ministerio de Energía, con fondos de la Agencia Chilena de Cooperación Internacional para el Desarrollo del Banco Mundial está desarrollando la Evaluación de Proyecto de Calefacción Distrital para la ciudad de Coyhaique, que tiene por objetivo identificar las principales barreras al desarrollo de energía geotérmica en la ciudad. El estudio proveerá de una asistencia técnica en la revisión de antecedentes, modelo de administración y negocios al diseño del proyecto en Escuela Agrícola durante el 2019.

### 2.1.3 Definición de Necesidades y Resultados

De acuerdo a los antecedentes, se plantea que el problema principal en este proyecto de inversión pública, es la mala calidad del aire producto de las emisiones asociadas a la calefacción por leña de baja calidad y alto nivel de humedad.

Se analizó la situación siguiendo la metodología de Teoría del Cambio la cual logra estructurar “cómo se entiende que las actividades produzcan una serie de resultados que contribuyan a lograr impactos finales previstos” (Rogers, 2014:1). Se escogió esta metodología debido a que el objetivo

principal resuelve problemas socio-ambientales a través de una planificación estratégica de los problemas y objetivos, los que podría traer múltiples beneficios por medio de actividades específicas de implementación identificando claramente a los actores y responsables dentro de un grupo de personas de distintos sectores. La estructura de la metodología identifica “la situación actual (en términos de necesidades y oportunidades), qué situación se pretende alcanzar y qué hay que hacer para efectuar la transición entre una y otra. De ese modo, se trazan metas más realistas, se aclaran las responsabilidades y se acuerda una visión común sobre las estrategias que deben aplicarse para lograr las metas (Rogers, 2014:2). Se reconocen 3 actividades que vinculan las necesidades expresadas con los resultados esperados con esta intervención:

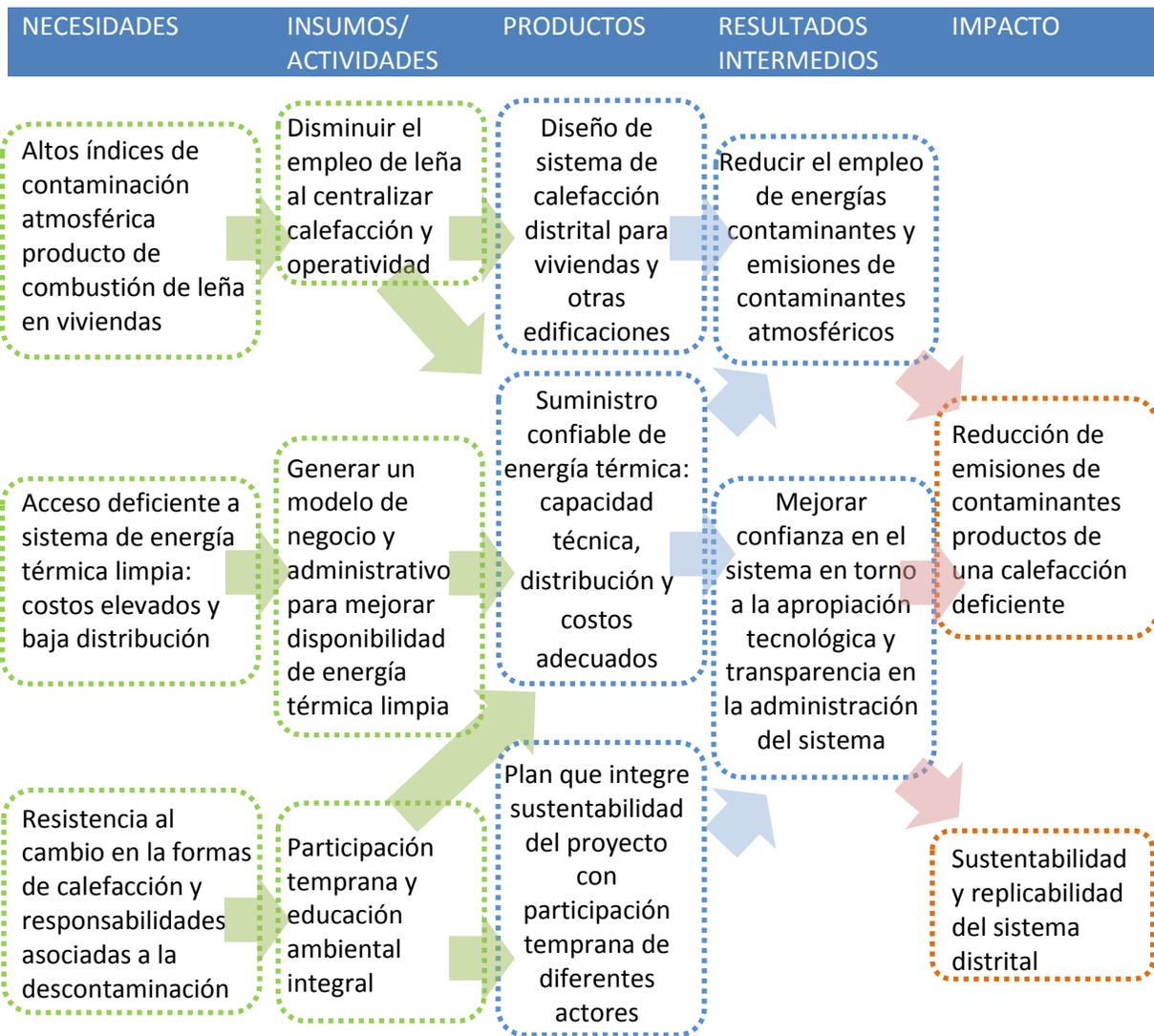


Tabla 01: Análisis de problemas según metodología de Teoría del cambio. Fuente: Elaboración propia.

### 2.1.4 Definición de Objetivos

#### Objetivo Principal:

Reducir la emisión de contaminantes atmosféricos a través de la implementación de un proyecto de calefacción distrital en un sector específico en Coyhaique.

#### Objetivos Específicos:

1. Reducir la emisión de contaminantes atmosféricos de situación base.
2. Mejorar acceso, por efectos de costos y distribución, a sistema de energía térmica distrital.
3. Establecer un plan de escalabilidad y participación temprana del sistema.

### 2.1.5 Indicadores de programa y medios de verificación

OBJETIVO	COMPONENTES	ACTIVIDADES	INDICADORES	MEDIOS DE VERIFICACIÓN
Reducir la emisión de contaminantes atmosféricos de situación base.	Reemplazo de fuentes de combustión contaminantes	Implementación de caldera y redes de calefacción distrital	Cantidad de viviendas y edificios conectados a la red. Cantidad de emisiones contaminantes reducidas.	Monitoreo de demandas energéticas, emisiones MP10, MP2,5 y CO2 de usuarios conectados
Mejorar acceso a sistema de energía térmica distrital.	Acceso a sistema por efectos de costos.	Establecer un modelo de negocios que mejore oferta de energético limpio.	Valor de operación / kWh consumido. Volumen de venta de energía eléctrica por co-generación.	Lectura en subestaciones y precio de venta de energía eléctrica
	Acceso a sistema por distribución de energía térmica.	Proponer un modelo de administración que asegure el abastecimiento, mantención y operación del sistema y reduzca incertezas de ejecución y operación	Pre acuerdos entre servicios públicos, vecinos y empresas proveedoras. Costo de incentivo inicial a viviendas.	Contrato con empresa proveedora de servicio fijando un precio máximo por energía térmica entregada
Establecer un plan de escalabilidad y participación temprana del sistema.	Metodología de participación temprana y educación ambiental.	Consultoría para el diseño de un sistema distrital. Sociabilización de acuerdo a nuevas demandas y etapas.	Cantidad de participantes en actividades de participación. Evaluación de programas sociales sustentables.	Desarrollo de Acción Integral de Sustentabilidad



	Diseño de un sistema escalable y replicable		Cantidad de viviendas y edificios proyectados para incluir a la red.	Informe final de ingeniería, demandas y plan de escalabilidad.
--	---	--	--	--

Tabla 02: Indicadores de programa y medios de verificación. Fuente: Elaboración propia.

## 2.2 Diagnóstico:

### 2.2.1 Mapa de Actores

A continuación se detallan los actores involucrados directa e indirectamente en el presente proyecto:

ACTOR	TIPO	ACTIVIDAD
<b>Posibles Clientes y/o Usuarios del sistema</b>		
Junta Nacional de Jardines Infantiles (JUNJI)	Servicio Público - Usuario	Administrador de sala cuna y jardín infantil Mi Pequeña Estancia
Servicio Nacional del Adulto Mayor (SENAMA)	Servicio Público - Usuario	Administrador de Establecimiento Larga Estadía 70 Adultos Mayores (ELEAM)
Servicio Nacional del Patrimonio	Servicio Público - Usuario	Asignada la subdivisión 9b
Secretaría Regional Ministerial (SEREMI) de Medio Ambiente, Región de Aysén	Servicio Público – Usuario y Coordinadora	Coordinador de proyecto de calefacción distrital
Bomberos	Servicio Público - Usuario	Asignada la subdivisión 9g. En etapa de diseño de edificio administrativo
Servicio Nacional del Adulto Mayor (SENAMA)	Servicio Público - Usuario	Asignada la subdivisión 9i. En etapa de pre-diseño de centro comunitario o centro de acogida diario
Servicio Nacional de la Discapacidad (SENADIS)	Servicio Público - Usuario	Asignada la subdivisión 9j. En etapa de pre-diseño de escuela de formación para personas con discapacidad
Servicio Nacional de la Mujer (SERNAM)	Servicio Público - Usuario	Asignada la subdivisión 9k. Sin mayor detalle
Malotún Ortiga	Organización cultural sin fines de lucro - Usuario	Asignada la subdivisión 9k. Sin mayor detalle
Servicio de Salud, Región de Aysén	Servicio Público – Usuario y	Asignada la subdivisión 9l. Diseño completo de Centro de Salud Mental (COSAM) sin fecha para



	Fiscalizador	continuar desarrollo. Aprobación de regulación de calderas
Policía de Investigaciones de Chile (PDI)	Servicio Público - Usuario	Cuenta con edificio con alta demanda térmica (demanda ancla) en el sector de Escuela Agrícola
<b>Gestiones de apoyo</b>		
Bienes Nacionales	Servicio Público - Apoyo	Supervisar implementación de reglamento en Lote 9 y gestión de urbanización del lote 9.
SEREMI de Vivienda y Urbanismo, Región de Aysén	Servicio Público - Apoyo	Programa de Protección del Patrimonio Familiar PPPF asociado al PDA
Servicios de Vivienda y Urbanismo (SERVIU)	Servicio Público - Apoyo	Fiscalización del programa de acondicionamiento térmico de viviendas
Ministerio de Energía	Servicio Público - Apoyo	Coordinadora de desarrollo de proyectos de eficiencia energética.
SEREMI de Obras Públicas (MOP)	Servicio Público – Apoyo y Contraparte	Contraparte técnica de diseño y ejecución de sistema distrital y otras obras en el Lote 9
Municipalidad de Coyhaique	Servicio Público - Apoyo y Fiscalizador	Institución que regula usos de suelo y que regula la instalación de trazados en áreas de uso de bien público.
ONU Ambiente	Organismo Internacional - Apoyo	Desarrollo de iniciativa de energía distrital en ciudades.
Agencia de Sostenibilidad Energética.	Fundación de derecho privado - Apoyo	
Instituto Forestal de Chile (INFOR)	Servicio Público - Apoyo	Desarrollo de programas para el incentivo de producción y venta de astillas.
Agencia de Sustentabilidad y Cambio Climático (ASCC)	Fundación de derecho privado - Apoyo	Facilitadora de participación temprana a través de acuerdo voluntario de pre-inversión.
Universidad Tecnológica de Chile (INACAP)	Institución de Educación Superior - Apoyo	Ejecutora de diagnóstico de consumos en viviendas del sector Escuela Agrícola
<b>Entidades de Evaluación y verificación</b>		
Gobierno Regional de Aysén (GORE)	Servicio Público – Evaluador	Unidad financiera y de planificación y desarrollo regional
SEREMI de Desarrollo Social	Servicio Público - Evaluador	Evaluadora de las diferentes etapas de financiamiento FNDR.
GIZ	Fundación de derecho privado	Contraparte en estudio de pre-factibilidad de sistema distrital.
<b>Cientes privados (Comités de Vivienda)</b>		
Comité de Vivienda Valle Nevado	Organización Social Vecinal - Usuario	Organización vecinal compuesta por 90 viviendas del Lote 8.

Comité de Vivienda Villa los Torreones	Organización Social Vecinal – Posible Usuario	Organización vecinal compuesta por 230 viviendas del Lote 5 y 6.
Comité de Vivienda Valle 4	Organización Social – Posible Usuario	Organización vecinal compuesta por 54 viviendas del Lote 7.
Comité de Vivienda Coyhaique Alto	Organización Social – Posible Usuario	Organización vecinal compuesta por 108 viviendas del Lote 10.
Comité de Vivienda Buena Vista	Organización Social – Posible Usuario	Organización vecinal compuesta por 80 viviendas del Lote 11.
Comité de Vivienda Aguas Claras	Organización Social – Posible Usuario	Organización vecinal compuesta por 50 viviendas del Lote 11.
Comité de Vivienda Valles de Aysén.	Organización Social – Posible Usuario	Organización vecinal de Población Clotario Blest
Comité de Vivienda Indígena Ruka Kimun	Organización Social – Posible Usuario	Organización vecinal compuesta por 100 viviendas del Lote 7. No construidas.
<b>Empresas prestadoras de servicio</b>		
Aguas Patagonia	Privado – Suministro	Proveedora de agua potable sanitaria
Edelaysén – Grupo SAESA	Privado – Cliente y Suministro	Proveedora de energía eléctrica

Tabla 03: Mapa de actores. Fuente: Elaboración propia.

### 2.2.2 Identificación de Área de Estudio y Área de Influencia

El área de estudio está dada por el alcance de los servicios que prestan los servicios públicos que existen actualmente en el Lote 9. La mayoría de los edificios, como es el caso del ELEM son parte de un sistema regional de prestación de servicios, en este caso, para el adulto mayor. Se establece entonces que el área de estudio será la Región de Aysén del General Carlos Ibáñez del Campo.

La región tiene una superficie de 108,494 km<sup>2</sup> y tiene una población estimada al 2018 de 111.183 habitantes (INE, 2018) La población urbana alcanza el 86% siendo una de las regiones con un promedio similar al promedio nacional (CASEN 2011). La densidad promedio es de 1,02 habitantes/km<sup>2</sup> siendo la región menos densificada del país.

Administrativamente, la región está dividida en 4 provincias: Aysén, Capitán Prat, Coyhaique y General Carrera. Las principales actividades económicas son: Comercio (16,3%), administración pública y defensa (11,8%), construcción (10,8%) y agricultura (9,4%). Se resalta que el aislamiento

geográfico de la región conlleva a una fuerte presencia de servicios del estado y se refleja en que el ingreso medio regional es de \$400.000, siendo el 4to más alto a nivel nacional. Por otra parte, según el estudio CASEN del 2015, el porcentaje de personas en situación de pobreza por ingresos es del 6,5% y de pobreza multidimensional del 16,9% (CASEN 2016). Ambos resultados están por debajo del promedio nacional (11,7 y 20,9% respectivamente).

Demográficamente la población se compone por 9.370 niñas y niños menores o iguales a 5 años (8,4% del total regional) mientras que 15.200 personas en la región tienen 60 años o más (13,7%). Específicamente la comuna de Coyhaique, la capital regional, habitan 62.576 personas, el 56,3% de la población regional y tiene una extensión de 7.320,2 km<sup>2</sup>. La comuna está compuesta por 13 distritos censales siendo las 3 unidades urbanas de Coyhaique las que serán representativas del área de influencia para el análisis de este proyecto.

El área de influencia corresponde a los “límites dentro de los cuales un proyecto podría constituir una solución real para la población afectada por el problema” (Ortegón, Pacheco y Roura, 2005:34). De acuerdo a lo anteriormente señalado, el problema afecta a la totalidad de población de la ciudad de Coyhaique que está definida dentro del polígono establecido por el PDA. Por otra parte el área de estudio específico está determinada por la aplicación de los instrumentos de gestión ambiental (PDA) e instrumentos de planificación territorial (Plan Regulador de Coyhaique) que delimitan el sector del Plan Integral de Escuela Agrícola como una zona de extensión urbana.



Figura 01: Polígono PDA Fuente: PDA y Google Earth, 2018.



### 2.2.2.1 Antecedentes

Para la creación del Barrio de Servicios y Acción Ciudadana - BASAC se destinó el Lote 9 del Plan Integral Escuela Agrícola, que tiene por objetivo descentralizar la oferta de servicios públicos situados en el centro de Coyhaique aumentando la eficiencia de puesta en servicio a la ciudadanía. Específicamente, se destinó un terreno fiscal ubicado próximo a una vía estructurante de importancia comunal y regional, en una zona definida como de expansión urbana y que actualmente presenta un alto desarrollo inmobiliario, especialmente compuesto por viviendas sociales.



Figura 02: Emplazamiento del BASAC y Lote 9. Fuente: Elaboración propia a partir de imágenes de Google Earth



La infraestructura de calefacción distrital está determinada y es configurante integral en el desarrollo de la ejecución de los edificios públicos en el sector. En este sentido, el reglamento del Lote 9 del Barrio de Servicios y Acción Ciudadana BASAC – Sector Escuela Agrícola de Coyhaique, a través del ordinario N° 2243, aprobado el 18 de Agosto del 2015 por el Gobierno Regional de Aysén consiste en que:

*“En el marco del Plan de Descontaminación de la Ciudad de Coyhaique que considera la ejecución a futuro en el Lote 9 de un sistema de calefacción distrital, las edificaciones que se edifiquen deberán considerar lo siguiente:*

*ART. 17° Todas las edificaciones que se proyecten deberán contemplar al interior del edificio sistemas de distribución de calefacción a través de radiadores de pared y/o losa radiante, los cuales deberán conectarse a un arranque situado en el frontis de la propiedad. Si al momento de completar el diseño o ejecución de la edificación el sistema de calefacción distrital no se encuentra ejecutado, las edificaciones podrán considerar un sistema autónomo de calefacción el que deberá considerar a futuro la conexión a la red de distribución distrital” (BASAC, 2015:7-8).*

Según el perfil del proyecto para la Construcción urbanización Lote 9 – BASAC, Sector Escuela Agrícola Coyhaique (Código BIP 30454323-0) del 2017, se desglosa que la población de referencia para los proyectos ejecutados dentro del Lote 9 son:

PROYECTO	ÁREA DE INFLUENCIA	PÚBLICO	POBLACIÓN DE REFERENCIA
Jardín infantil y sala cuna “Mi pequeña Estancia” (JUNJI)	Ciudad de Coyhaique	Niñas y niños menores de cinco años.	734
Establecimiento de Larga Estadía para Adultos Mayores – ELEAM (MINVU)	Región de Aysén	Mayores de 60 años	10.008

Tabla 04: Población de referencia del proyecto. Fuente: GORE, 2017

Para el jardín infantil se considera a la población de 0 a 4 años que hace uso de la oferta educativa. Para el ELEAM se considera a los adultos mayores, pertenecientes a los quintiles I, II y III de vulnerabilidad, de la región. Por consiguiente se obtiene una población de referencia total de 10.742 personas. Por otro lado, el sector de Escuela Agrícola tiene ejecutados 4 proyectos de viviendas sociales, 2 en tramitación de recepción y 1 en etapa de diseño.

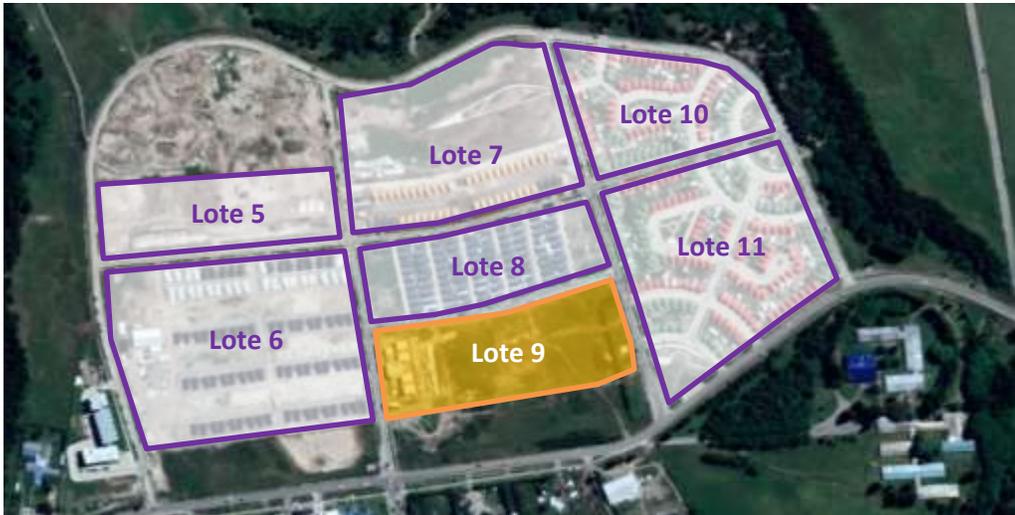


Figura 03: Subdivisión y loteos. Fuente: Elaboración propia a partir de imágenes de Google Earth

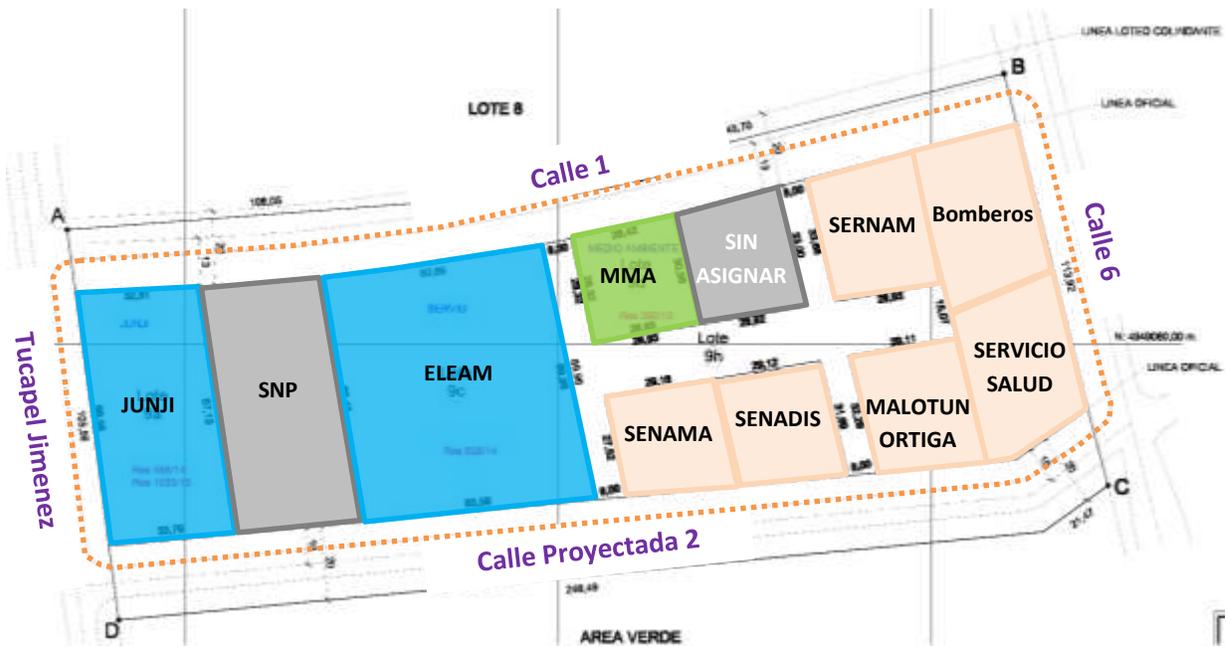


Figura 04: Propuesta de Subdivisión de Lote 9. Fuente: Elaboración propia.

### 2.2.2.2 Tipo de Zona (urbana y/o rural)

La comuna de Coyhaique es predominantemente urbana, teniendo un 92,11% estimado de población urbana según proyección de la información del Sistema Nacional de Información Municipal (SINIM). La densidad poblacional es de 8,55 habitantes/km<sup>2</sup> estimada para el 2018, creciendo desde los 6,8 habitantes/km<sup>2</sup> del 2002.

El Plan de Desarrollo Comunal de 2014 (PLADECO) usando datos del Censo del 2002, señala que la población urbana ha ido en aumento mientras que la rural ha disminuido en los últimos 10 años. Esto se debe tanto a la migración rural-urbano como a migraciones procedentes de otros países. Entre los años 2011 y 2016 se entregaron 1.291 visas a inmigrantes que declararon domicilio en la ciudad. Los principales países de procedencia son Colombia y Argentina (Extranjería, 2016).

Específicamente y según la Ordenanza Local vigente, El Lote 9 se enmarca en la zona Z3B atribuible a una zona periférica de densidad media cuyo uso de suelo permite la construcción de viviendas y equipamiento de escala vecinal, comunal, regional e interurbana, como centros de salud, educación, cultura, áreas verdes, esparcimiento y turismo, comercio minorista, servicios públicos y servicios profesionales.

A la vez el proyecto de calefacción distrital correspondería a un uso de suelo de Infraestructura Energética según el artículo 2.1.29 de la Ordenanza General de Urbanismo y Construcción (OGUC) la que no está prohibida en el actual Plan Regulador de la comuna, pero que se deja explícito como infraestructura permitida en la próxima actualización del Plan Regulador.

#### **2.2.2.3 Extensión de la Superficie**

La región de Aysén es la región más extensa del país, con 109.024,9 km<sup>2</sup> correspondiente el 24% del territorio continental. A la vez, la menos poblada con sólo el 0,58% del total nacional. Específicamente, la comuna de Coyhaique cuenta con 7.290 km<sup>2</sup>, el 6,68% del territorio regional.

El Polígono del PDA cubre una extensión de 117,44 km<sup>2</sup>, que corresponden al 1,61% de la extensión de la comuna y el área urbana de la ciudad de Coyhaique según el Plan Regulador vigente alcanza los 25,37 km<sup>2</sup>, el 21,6% de la superficie del polígono del PDA. Finalmente el Lote 9 cubre una extensión de 28.519 m<sup>2</sup>.

Como punto focal para la construcción de las salas donde se alojarían las calderas, la Secretaría Regional Ministerial (SEREMI) del Medio Ambiente tiene una concesión de uso a título gratuito del terreno individualizado como 9d en el Lote 9 y que tiene una superficie de 1.033,5 m<sup>2</sup>. Esta asignación por parte del Ministerio de Bienes Nacionales cuenta con resolución exenta N° 392 del 12 de Mayo del 2015 en el que se permite la “instalación de una oficina de la SEREMI del Medio Ambiente, de manera de contribuir a la integración de la comunidad de la ciudad de Coyhaique, desde la Gestión Ambiental, aportando desde el emplazamiento a la equidad ambiental del sector”.

#### **2.2.2.4 Características Físicas del Territorio**

La ciudad de Coyhaique se emplaza en el valle formado por la confluencia de los Ríos Simpson y Coyhaique, estando confinada por los cerros Mackay y Divisadero al Sur y el Cinchao al Norte. La extensión urbana se sitúa entre los 265 msnm en el Noroeste y los 485 msnm en el Sureste de la ciudad.

Respecto a la morfología, la comuna de Coyhaique está caracterizada por tres zonas geomorfológicas: cordillera de los Andes que tiene una topografía altamente accidentada; rango sub-Andino oriental que se caracteriza por valles abiertos; y los orientales relieves llanos, sector de planicies sedimentarias.

Según la Zonificación Climática de Chile (NCH 1079 OF.2008), Coyhaique se encuentra en la zona 8SE Sur extremo registrando una precipitación promedio anual entre los 800 a 1200 mm, con bajas temperaturas en invierno (temperatura media mensual  $2 \pm 2.5^{\circ}\text{C}$  para Julio) y con oscilaciones diarias y anuales acentuadas. Las temperaturas mínimas durante todo el año son menores a  $5^{\circ}\text{C}$ , llegando a  $-10^{\circ}\text{C}$  entre los meses de mayo y agosto. En junio 2002, la temperatura extrema más baja alcanzó  $-19.2^{\circ}\text{C}$ . La calefacción para esta zona del territorio resulta vital, funcionando durante 10 a 11 meses al año.

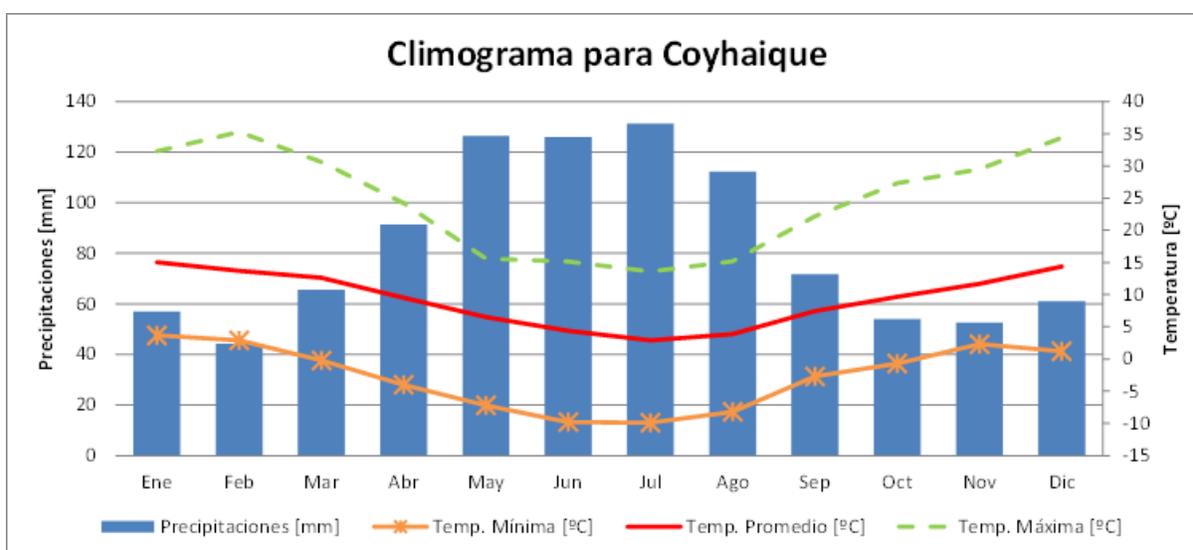


Figura 05: Climograma de Coyhaique. Fuente: Elaboración propia con datos de estaciones de monitoreo del Sistema de Información Nacional de Calidad del Aire SINCA.

### 2.2.2.5 Principales Actividades Económicas

Coyhaique es el centro administrativo y financiero de la región aportando cerca del 50% de la economía regional y es el principal centro de comercio regional. Se desglosan los siguientes datos para Coyhaique y la Región:

	AYSÉN	COYHAIQUE	PORCENTAJE
Importación	US\$ 11,24 millones	US\$ 7,45 millones	66,3%
Exportación	US\$ 113,55 millones	US\$ 45,70 millones	40,24%
Producción	\$ 945.700 millones	\$ 443.100 millones	46,85%
Inversión Total	\$ 13.070 millones	\$ 6.030 millones	46,13%

Tabla 05: Principales actividades económicas. Fuente: Servicio Nacional de Aduanas, 2016; Datos de Costes y Producción, 2014 a través de datachile.io

Las principales actividades económicas por ocupación según la Nueva Encuesta Suplementaria de Ingresos (NESI) del 2015 son las siguientes:

OCUPACIÓN	N° DE TRABAJADORES	PORCENTAJE DEL TOTAL (%)	INGRESO PROMEDIO (\$)
Profesionales científicos e intelectuales	4.838	17	\$1.200.324
Trabajadores de los servicios y vendedores de comercios y mercados	4.339	15	\$297.580
Trabajadores no calificados	4.117	15	\$260.000
Oficiales, operarios y artesanos de artes mecánicas y de otros oficios	4.109	15	\$350.000
Técnicos y profesionales de nivel medio	3.359	12	\$560.151
Empleados de oficina	2.831	10	\$450.121
Operadores de instalaciones y máquina y montadores	1.946	7	\$401.629
Agricultores y trabajadores calificados agropecuarios y pesqueros	1.247	4	\$280.075
Funcionarios públicos y personal directivo de la administración pública y empresas	712		\$1.300.351
Otros	506	2	\$1.004.074
<b>Total</b>	<b>28.004</b>	<b>100</b>	

Tabla 06: Principales ocupaciones en la región. Fuente: Datos de Costes y Producción, 2014 a través de [datachile.io](http://datachile.io)

### 2.2.2.6 Caracterización de la Infraestructura y Servicios Disponibles

En la ciudad de Coyhaique, el centro urbano concentra la mayor parte de los servicios públicos regionales y locales repartidos, casi en su totalidad, en un radio de 1km desde la Plaza de Armas. La alta concentración de organismos públicos, junto a una alta concentración de locales comerciales y otros servicios, hacen del centro de la ciudad un polo de actividades de servicio de envergadura regional.

En cuanto a proveedoras de servicios básicos, Aguas Patagonia, empresa privada de abastecimiento de agua potable y alcantarillado público, tiene una cobertura del 94,5% de la ciudad. Edelaysén, empresa privada de suministro eléctrico, cubre al 99,5% de la ciudad.

En términos de conectividad la comuna de Coyhaique posee una red de vías terrestres caracterizada por camino de ripio y pavimento, extendiéndose casi por 1.000 km. El PLADECO, (2014) reconoce la influencia por cambios de uso de suelo en las zonas rurales en torno al centro urbano de Coyhaique que podría extender los efectos de satelización suburbana aumentando la presión de tráfico de las vías estructurantes de la ciudad. De la misma forma el eje carretero Chacabuco-Coyhaique es el de mayor tráfico regional y el de mayor necesidad de la “materialización de un plan estratégico de transporte urbano que racionalice las inversiones en

infraestructura vial” (PLADECO, 204:97). En conectividad digital, la región está poco desarrollada: sólo el 25% de los habitantes de la región tuvieron acceso a internet en el año 2016, muy por debajo de la media nacional de 76% de penetración.

El lento progreso hacia energías electro-térmicas limpias se manifiesta en que, de las 150 calderas catastradas por la SEREMI de Salud en el periodo 2016 en la ciudad de Coyhaique: los establecimientos de servicio público, los de educación-cultura y salud dependen en gran medida del diésel como combustible (55,8%, 52% y 43,8% respectivamente). De la misma forma los mismos establecimientos educacionales cuentan con un 42% de calderas a leña mientras que sólo un establecimiento, de salud, tiene una caldera a biomasa (pellet) en funcionamiento.

#### **2.2.2.7 Condiciones Socioeconómicas de la Población**

Según el Diagnóstico de Caracterización Socioeconómica de la Región de Aysén del 2018, existen 44.721 viviendas en la región de Aysén de las cuales el 98,7% corresponden a viviendas particulares (GORE, 2018). Si bien el promedio de ingreso en la región es de \$400.000 al mes, siendo el 4to más alto a nivel nacional, existe una marcada brecha salarial entre mujeres (\$317.000 al mes) y hombres (\$450.000 al mes). Aún más el 13,5 % de las personas en Coyhaique declaran vivir en situación de pobreza multidimensional.

Demográficamente, la población joven de la región (0 a 14 años) representa el 21% de la población. Por otro lado la población adulta (+de 65 años) representa el 9% del total, aumentando significativamente del 4% en 1992.

### **2.2.3 Identificación de la Población Objetivo**

La población objetivo es la población dentro del área de influencia y directamente afectada por el problema y que será la beneficiada por el proyecto. De acuerdo a lo estipulado por el reglamento del BASAC se considera que el proyecto de calefacción distrital suministrará calefacción y ACS a los edificios públicos ejecutados y por ejecutar en el Lote 9. De la misma forma y según el PDA y la Estrategia Energética Local se considera que el mismo proyecto podría abastecer a un grupo de viviendas en el mismo sector en concordancia con los beneficios sociales que se desarrollarán en el punto 3.1.2.

#### **2.2.3.1 Población Objetivo**

Debido a la existencia de distintos servicios y actores cuyos plazos de construcción de edificios difiere enormemente, para determinar la población objetivo se suman los usuarios de los edificios actualmente en operación o ejecución. Estos edificios serán parte de la Etapa 1.A de implementación del proyecto de Calefacción Distrital. Los proyectos de esta etapa y su estado de avance se resumen en la siguiente tabla:

NOMBRE SERVICIO	ESTADO DE AVANCE DEL PROYECTO	POBLACIÓN DE REFERENCIA	POBLACIÓN OBJETIVO
Sala Cuna y Jardín Infantil Mi Pequeña Estancia	Inaugurado el 2018	734	192
Establecimiento de Larga Estadía para adultos Mayores – ELEM	En Ejecución	10.008	70

Tabla 07: Población objetivo de edificios ejecutados. Fuente: elaboración propia.

De la misma forma un cliente potencial para el suministro de energía eléctrica es el edificio de la Policía de Investigaciones de Chile (PDI) distante a 450m del sitio del MMA, cuya calefacción actual es en base a un sistema centralizado de impulsión de aire caliente por electricidad. La población objetivo alcanza a los 140 funcionarios de acuerdo a su capacidad de uso.

Debido al escaso desarrollo de diseño de los otros proyectos en el Lote 9, éstos serán concebidos dentro de la Etapa 1.B con el fin de incorporar la red distrital dentro del diseño de estos mismos. El estado de avance e identificación de población objetivo estimada de los proyectos se resume en la siguiente tabla:

NOMBRE SERVICIO	ESTADO DE AVANCE DEL PROYECTO	SUPERFICIE CONSTRUIDA ESTIMADA POR CADA EDIFICIO m <sup>2</sup>	POBLACIÓN OBJETIVO ESTIMADA
Bomberos	En pre-diseño sin mayor detalle	749	99
SERNAM	En pre-diseño sin mayor detalle	588	79
SENADIS	En pre-diseño de Escuela de formación para personas con discapacidad, talleres, etc.	539	97
SENAMA	Espera a urbanización del lote para iniciar licitación de diseño. Posible destino sería un Centro comunitario para el adulto mayor o Centro de acogida diaria.	503	66
Servicio Nacional del Patrimonio	En pre-diseño sin mayor detalle	1.349	146
Malotún Ortiga	Centro de actividades culturales para jóvenes. Sin diseño	588	25
Servicio de Salud	Diseño de arquitectura listo para un COSAM. Sin fecha para ejecución.	736	66

Tabla 08: Estado de avance de proyectos en Lote 9. Fuente: elaboración propia.

Se estima una población objetiva potencial de 578 personas en estos edificios según estimaciones de superficie construida, la capacidad de uso, área a disponer y funcionamiento de los edificios a desarrollar.

En la segunda etapa de implementación del proyecto se considera la extensión hacia un conjunto de viviendas en el sector de Escuela Agrícola, definido primeramente por cercanía y luego por cohesión vecinal. Se detallan los proyectos de viviendas en la siguiente tabla:

LOTE	SUPERFICIE TERRENO m <sup>2</sup>	ESTADO DE AVANCE DEL PROYECTO	N° VIVIENDAS	POBLACIÓN OBJETIVO
Lote 5 y 6	40.923	Comité de Viviendas Los Torreones. En construcción y tramitación de recepción de viviendas para militares.	230	690 (estimada)
Lote 7	36.789	Comité de Viviendas Arroyo el Divisadero, Puente y Ruka Kimun. En construcción tramitación de recepción de viviendas sociales.	154	462 (estimada)
Lote 8	20.314	Comité de Viviendas Valle Nevado. Ejecutadas	90	255
Lote 10	19.803	Comité de Viviendas Coyhaique Alto. Ejecutadas	85	257
Lote 11	39.964	Comité de Viviendas Buena Vista y Aguas Claras. Ejecutadas	150	414

Tabla 09: Población objetivo de viviendas en el sector. Fuente: elaboración propia a partir de datos recabados y del CENSO 2017.

Si bien, la población objetivo de la totalidad del sector alcanza, actualmente, a 2.127 personas, se considera que la primera extensión de la red (Etapa 2) sea a las viviendas del Lote 8, que tienen entre ellas, cercanía con la central térmica y distribución, superficie construida, demanda térmica y sistema constructivo similares.

Para el efecto de este proyecto de inversión, la población objetivo del presente informe es de 262 personas desde un inicio, extendiéndose a 517 en la segunda etapa. Se añadirían 578 personas potenciales según el desarrollo de edificios de la etapa 1.B lo que supondría un total de 1.095 personas.

El potencial de crecimiento del sistema en el sector, sólo considerando el área de Escuela Agrícola, supondría la inclusión del resto de los lotes de vivienda y posible conexión de edificios de servicio público como la PDI, El Centro de Salud Familiar (CESFAM) y el Servicio Médico Legal (SML). Se concibe así, en un horizonte de proyección de 10 años, una población conectada al sistema de 2.078 en viviendas, 840 en servicios del Lote 9, 140 en la PDI, 170 en el CESFAM y 100 en el SML.

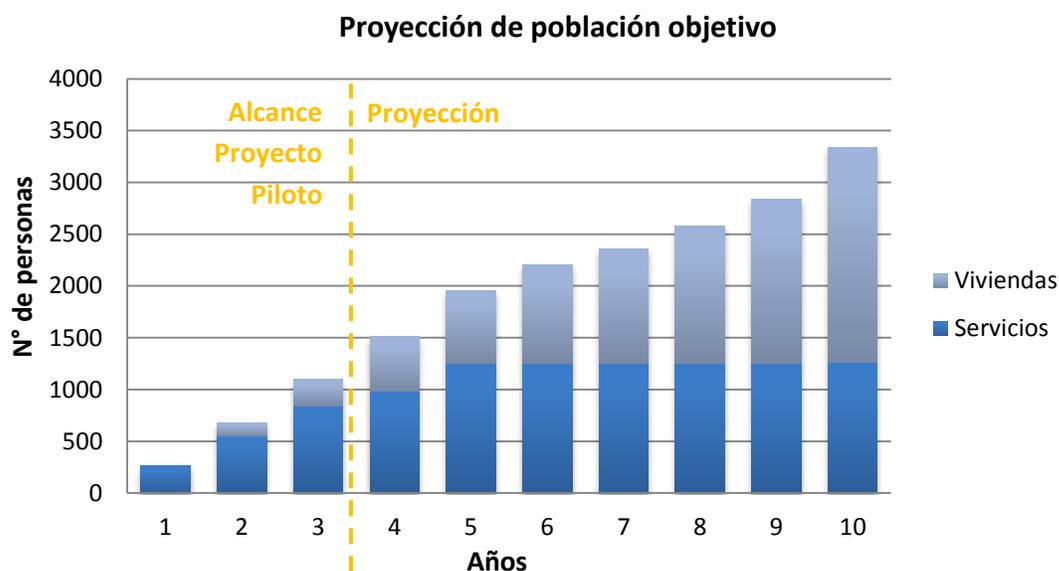


Figura 06: Población objetivo proyectada en el sector Escuela Agrícola. Fuente: elaboración propia.

#### 2.2.4 Demanda

Si bien, la demanda de calefacción en la población objetivo está técnicamente cubierta, la raíz del problema identificado anteriormente radica en la calidad y precio de los energéticos que se utilizan actualmente. Se analiza, por ello, la demanda en base a la cantidad de energía necesaria para lograr un confort térmico al interior de los recintos de edificios públicos y viviendas, a través de calefacción generada y distribuida de forma limpia, eficiente e importantemente menos contaminante. Actualmente esta energía es producida tanto por combustión de diésel en edificios públicos, como por leña en el 93% de las viviendas, según estimación de promedio de penetración de leña en la región de Aysén.

Debido a que, diferentes métodos de generación de energía tienen distintas características de costos y rendimientos que complejizan el análisis y comparación de demanda, se establecen los siguientes criterios que relacionan la población objetivo, la demanda de energía térmica y el costo de esta energía. Se analiza a través de un indicador medible y comparable para determinar el déficit o requerimientos por el servicio a prestar para la población afectada por el problema central.

Se utiliza como unidad el Costo de Energía Final cuya aplicación sirve para estandarizar los costos de operación y mantenimiento para distintos tipos de fuentes energéticas. Esta unidad, por consiguiente será la misma que el déficit percibido (\$/kWh) y que será la unidad de análisis en la evaluación del proyecto que se verá en el punto 3 del presente informe.

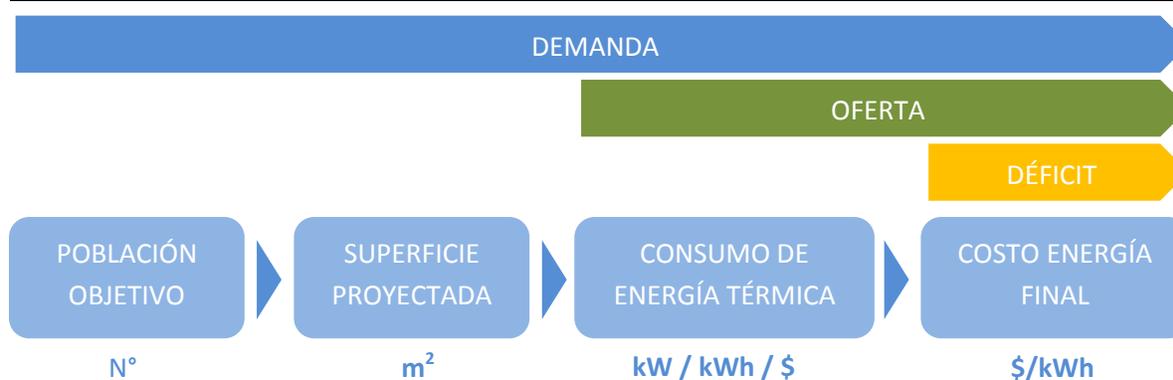


Figura 07: Diagrama de relación entre Demanda, Oferta y Déficit. Fuente: elaboración propia.

En primer lugar, se identificaron los criterios utilizados para la demanda instantánea máxima para calefacción y ACS que son los indicados a continuación de acuerdo a los proyectos de climatización de los edificios ejecutados y valores de normativa térmica exigible en la región según reglamentación vigente de la OGUC, demandas máximas de energía según el reglamento del lote 9, carga de ocupación y población objetivo. De acuerdo a las demandas estimadas y según el uso del edificio durante el día y estación detallado en Anexo 01, se produce una esquema de demanda anual de calor en kWh/año.

NOMBRE SERVICIO	SUPERFICIE CONSTRUIDA/ PROYECTADA	DEMANDA MÁXIMA CALEFACCIÓN	DEMANDA MÁXIMA AGUA CALIENTE SANITARIA
	M <sup>2</sup>	KWh/año	KWh/año
JUNJI	1.452	204.469	6.635
ELEAM	2.930	247.329	98.410
<b>TOTAL ETAPA 1.A (proyectada)</b>	<b>4.382</b>	<b>451.798</b>	<b>105.045</b>
Bomberos	749*	120.108*	41.134*
SENAMA	503*	80.724*	4.147*
SENADIS	539*	86.482*	4.443*
Malotún Ortiga	588*	94.368*	3.463*
Servicio Nacional del Patrimonio (SNP)	1.394*	209.436*	8.294*
Servicio de Salud	736*	97.555*	6.068*
<b>TOTAL ETAPA 1.B (estimada)</b>	<b>4.773</b>	<b>688.673</b>	<b>67.549</b>
Viviendas Lote 8 (90)	41,05 m <sup>2</sup> x 90 = 3.614	882.180	168.840
<b>TOTAL ETAPA 2 (identificada)</b>	<b>3.614</b>	<b>879.840</b>	<b>168.840</b>
<b>TOTAL ETAPA 1</b>			<b>1.313.065</b>
<b>TOTAL ETAPA 2</b>			<b>1.048.680</b>
<b>TOTAL SISTEMA</b>			<b>2.361.745</b>

Tabla 10: Demandas térmicas de edificios proyectados y estimados. Fuente: elaboración propia.

Los proyectos de calefacción distrital tienden a basar los indicadores de estudios preinversionales en la potencia de demanda medida según el área a abastecer (densidad por área) y los metros lineales de cañerías de la red distrital (densidad por metro lineal). Ambos son indicadores de la factibilidad de demanda de los distintos actores que se conectarán al sistema. Mientras más alta la demanda, más eficiente va a ser el suministro de energía por redes y más rentable podría ser el modelo de negocios.

Se utilizan los datos de demandas proporcionados por los informes de Eficiencia Energética de los proyectos construidos, estimación según modelo dinámico para edificios proyectados, y según calificación energética para viviendas.

A continuación se detallan los valores idóneos y reales para el desarrollo de sistemas distritales según el Manual de Desarrollo de Proyectos de Energía Distrital, desarrollado por el MMA y MinEnergía en 2018, considera que una densidad térmica sobre los 70 kWh/m<sup>2</sup>/año y una densidad lineal sobre los 1,4 MWh/m/año (EBP, 2018).

ETAPA	CONSUMO PROYECTADO kWh/año	SUPERFICIE m <sup>2</sup>	DENSIDAD DE CONSUMO TÉRMICO + ACS kWh/m <sup>2</sup> /año	VALOR ADECUADO SEGÚN MANUAL kWh/m <sup>2</sup> /año
ETAPA 01A. Edif. público	556.843	6.436	86,5	> 70
ETAPA 01b. Edif. público	756.222	10.723	70,5	> 70
ETAPA 02. 90 viviendas	2.532.870	14.800	171,1	> 70
<b>TOTAL</b>	<b>3.845.935</b>	<b>31.959</b>	<b>120,4</b>	<b>&gt; 70</b>

Tabla 11: Densidad de demandas por superficie. Fuente: Elaboración propia

De la misma forma se analiza la demanda según densidad de instalación de redes.

ETAPA	CONSUMO PROYECTADO MWh/año	LONGITUD RED DISTRITAL m	DENSIDAD DE CONEXIÓN MWh/m/año	VALOR ADECUADO SEGÚN MANUAL MWh/m/año
ETAPA 01A. Edif. público	556,8	388	1,43	> 1,4
ETAPA 01b. Edif. público	756,2	250	3,02	> 0,7
ETAPA 02. 90 viviendas	2.532,7	1.334	1,90	> 1,4
<b>TOTAL</b>	<b>3.845,9</b>	<b>1.972</b>	<b>1,95</b>	<b>&gt; 1,4</b>

Tabla 12: Densidad de demandas por extensión. Fuente: Elaboración propia

Por consiguiente, ambas demandas son idóneas para el desarrollo de sistemas distritales. Sin embargo es necesario hacer una sensibilización de estos antecedentes a partir de los requerimientos mínimos de eficiencia energética esperada en viviendas.

Por medio de la Calificación Energética de Viviendas (CEV) del Ministerio de Vivienda se establece que el promedio de demanda térmica en las viviendas de la villa Valle Nevado es de 685,6 kWh/m<sup>2</sup> por año y con 41,05 m<sup>2</sup> construidos por vivienda se calcula que la demanda por calefacción y ACS es de 28.143 kWh/año por vivienda.

Concordantemente, en la encuesta realizada por INACAP y la SEREMI del Medio Ambiente en Octubre del 2018 para diagnosticar el consumo promedio de las viviendas se constató que el consumo de leña en viviendas (16 viviendas encuestadas del sector) es de 18.320 kWh/año en calefacción y 1.876 kWh/año en ACS, totalizando 20.196 kWh/año por vivienda o 492 kWh/m<sup>2</sup> por año.

Estos dos escenarios representan entre 5 y 7 veces por sobre el estándar máximo que rige en el BASAC y más del doble de la media constructiva estimada en la región. Si bien estas viviendas fueron construidas entre los años 2016 y el 2017, la normativa térmica aplicada a su diseño y construcción obedecen a lo que indica la Ordenanza General de Urbanismo y Construcción, cuya última actualización en términos de aislación térmica, fue el 2007.

Si bien las demandas térmicas en viviendas validan la implementación de un proyecto de calefacción distrital, la sobredemanda de atenta contra el principio de eficiencia del sistema, el

sobredimensionamiento de la capacidad instalada de generación y la exposición de las viviendas a un sobreconsumo y altos precios de energía suministrada.

Para llegar a un nivel base de demanda menor en cada vivienda, el conjunto de viviendas necesita de ser acondicionado térmicamente. Una vía que se trabaja junto a los vecinos es la postulación a subsidio al Programa de Protección del Patrimonio Familiar (PPPF) en la línea PDA de acuerdo al artículo 25 del PDA a implementar por la Secretaría Regional Ministerial de Vivienda y Urbanismo. El componente que se trabaja es que el acondicionamiento de las viviendas para alcanzar un estándar PDA esté condicionado al recambio de artefactos a leña por otras fuentes de combustible o proyectos de infraestructura energética para calefacción mediante la aplicación del programa Casa Sustentable que se lanzó el año 2018. Se expone en el punto 3 del presente informe, la necesidad de generar acuerdos para el financiamiento y ejecución de una solución de acondicionamiento de esta escala.

Considerando estos antecedentes se calcula nuevamente las densidades térmicas por área y por conexión utilizando un valor esperado por eficiencia energética producto de una mejor envolvente de las viviendas. Si bien existen estudios en donde se señala que el acondicionamiento térmico en viviendas no es proporcional a la disminución de demanda térmica por factores esta se estima en una demanda del 50% de energía para calefacción a partir de las demandas existentes: 9.160 kWh/año para calefacción. La demanda de ACS se mantiene en 1.876 kWh/año, totalizando 11.652 kWh/año por vivienda o 235 kWh/m<sup>2</sup> por año.

ETAPA	CONSUMO PROYECTADO kWh/año	SUPERFICIE m <sup>2</sup>	DENSIDAD DE CONSUMO TÉRMICO + ACS kWh/m <sup>2</sup> /año	LONGITUD RED DISTRITAL m	DENSIDAD DE CONEXIÓN MWh/m/año
Etapa 02. 90 viviendas	1.048.680	14.800	<b>70,9</b>	1.334	<b>0,79</b>

Tabla 13: Densidad de demanda térmica en viviendas al 50%. Fuente: Elaboración propia

Estos valores son menores a los indicados como adecuados para el desarrollo de energía distrital según el Manual de Desarrollo. Sin embargo y como estos valores están condicionados a la densidad de viviendas del sector, se compara esta situación con el resto de la ciudad. Así se logra evidenciar que el sector cuenta con una alta densidad de viviendas si se comparada con otros sectores de la ciudad, haciendo más factible la implementación de un sistema distrital.

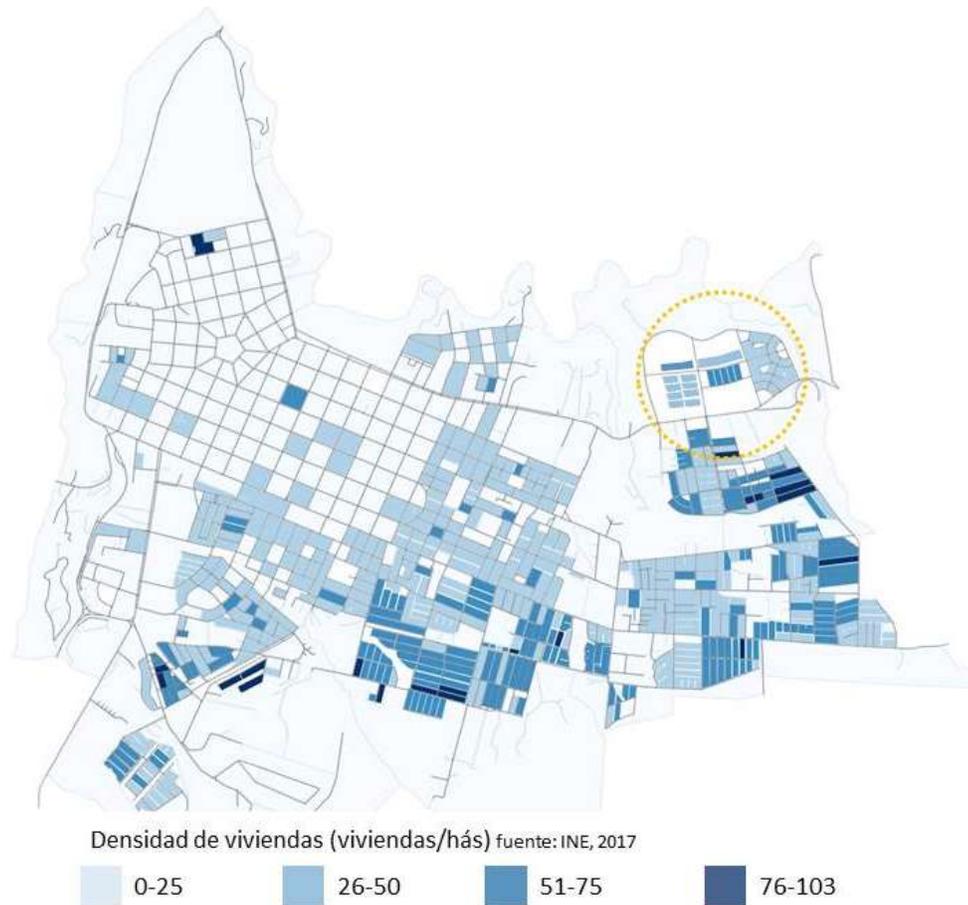


Figura 08: Densidad de viviendas en Coyhaique con el sector Escuela Agrícola resaltado. Fuente: Elaboración propia a partir de datos del Censo 2017 del Instituto Nacional Estadística.

El concepto de Vulnerabilidad Energética viene a resumir las componentes socio-energéticas-ambientales de la demanda establecida más allá de los requerimientos de unidades de energía. Al contemplar las dimensiones de acceso, calidad y equidad de la energía a utilizar para calefaccionar se evidencian las demandas de mejores condiciones de habitabilidad residencial, de mejorar la transparencia de compra-venta de los energéticos y las oportunidades que tienen las familias más vulnerables en tener un sistema de vida comparable al resto de la población. Actualmente se están desarrollando las métricas e indicadores a nivel regional que permitirán diagnosticar de mejor forma la alta tasa de vulnerabilidad energética acompañada de otras dimensiones sociales y ambientales.

Finalmente se resumen las demandas anuales de energía térmica las cuales se presentan a continuación:



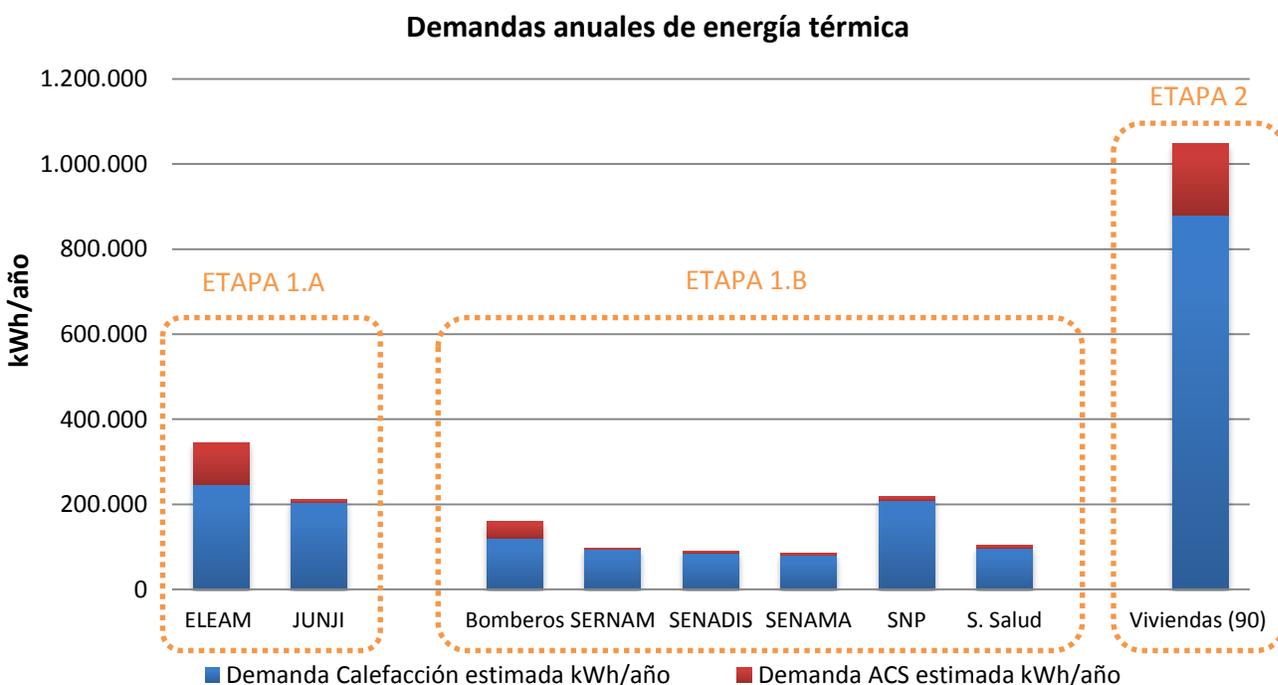


Figura 09: Consumo anual de energía térmica estimada, para los distintos servicios y viviendas. Fuente: Elaboración propia.

Etapa 1.A	556.843 kWh/año
Etapa 1.B	756.222 kWh/año
<b>Total Etapa 1</b>	<b>1.313.065 kWh/año</b>
Etapa 2	1.048.680 kWh/año
<b>Total Proyecto</b>	<b>2.361.745 kWh/año</b>

Tabla 14: Demandas anuales de energía térmica. Fuentes: según se indica

De la misma forma, se proyectan las demandas de energía térmica a futuro, considerando los mismos supuestos de demanda por vivienda y plazo de ejecución a 10 años para el sector:

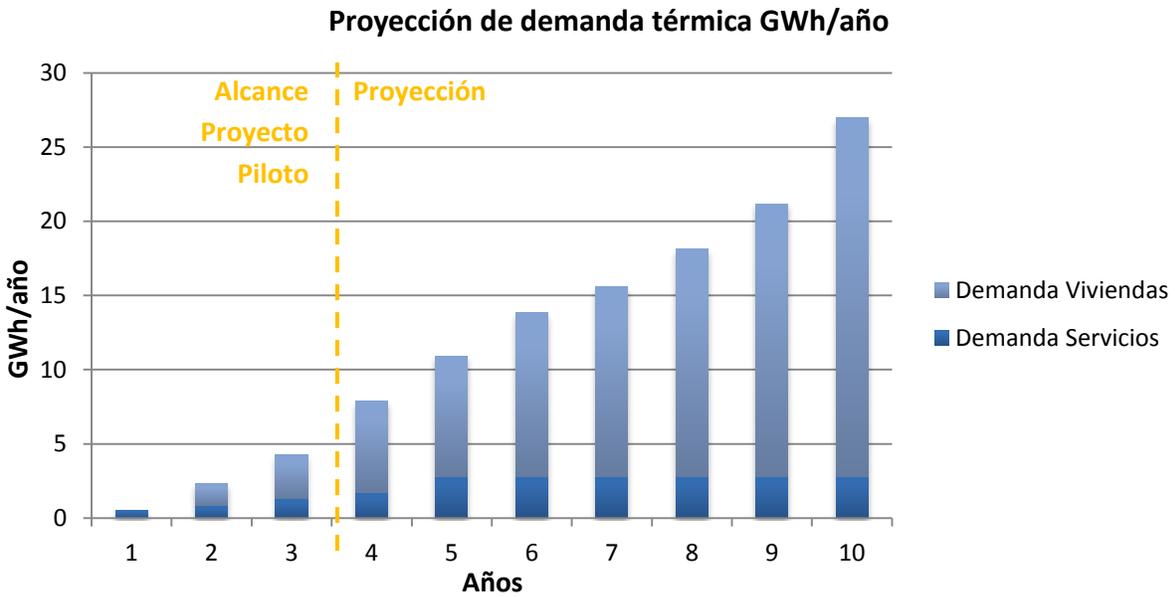


Figura 10: Proyección de demanda térmica en el sector. Fuente: elaboración propia.

Con la misma línea el estudio de factibilidad técnica y económica producido por ONU Medio Ambiente, Rapid Assessment on District Energy – City of Coyhaique, proyecta una extensión posible a las 708 viviendas del sector, abarcando una demanda de 9,5 GWh al año, utilizando una evaluación de demanda por vivienda más optimista en torno a los 292kWh/m<sup>2</sup>. Esta demanda tiene una composición estacional (mayormente en invierno) y horario (en horarios punta y valles):

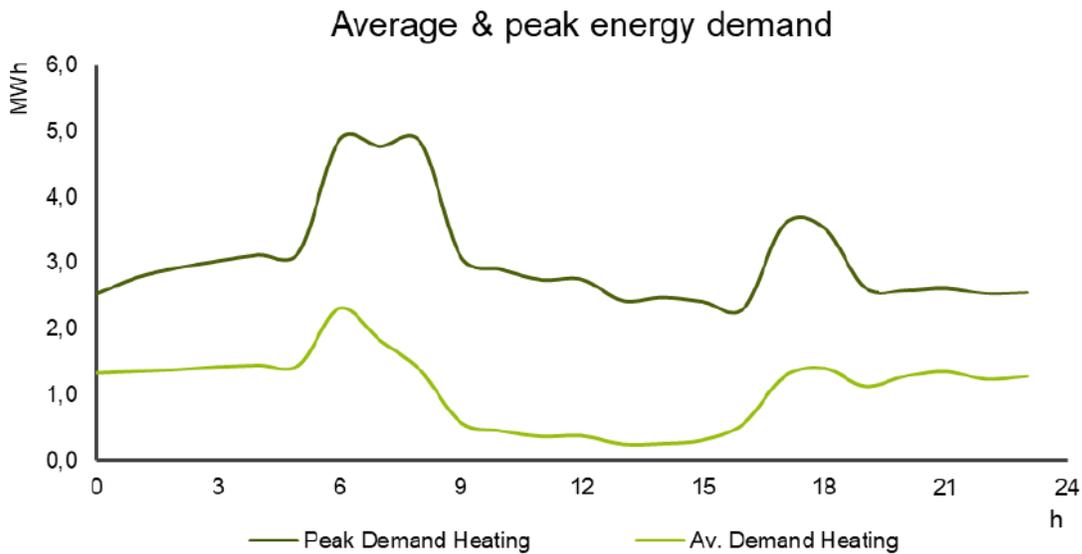


Figura 11: Variación de demanda promedio y alta. Fuente: Tractebel, 2019.

### 2.2.5 Oferta

La oferta está dada principalmente por el uso actual de combustibles como energéticos primario de calefacción como también la disponibilidad de otras fuentes de calefacción y confort térmico a través de programas enfocados a disminuir la contaminación por material particulado en la ciudad.

En el caso del sector de Escuela Agrícola, las instalaciones ejecutadas en los edificios de la JUNJI Y ELEAM cuentan con calderas a Diésel de 124kW y 150kW respectivamente para cubrir en casi la totalidad la demanda térmica y ACS. Las viviendas consideradas tienen, casi en su totalidad, calefacción por calefactor a leña y calefont a GLP para el ACS.

La encuesta realizada por la SEREMI del Medio Ambiente e INACAP señala que el mercado compuesto por las viviendas del sector está dispuesto a pagar \$40 a \$50/kWh por calefacción en viviendas. Esto se calcula en base al consumo promedio actual de leña, rendimiento de los equipos calefactores, densidad de la leña y poder calorífico según humedad. Según el diagnóstico, a través de encuesta a 16 viviendas, las familias, en promedio, están pagando \$43 kWh por calefacción (\$33 kWh si sólo se considera leña). En ACS, las familias encuestadas declaran gastar \$135 kWh, haciendo un total entre calefacción y ACS de \$991.389 al año por vivienda, o \$49 kWh de consumo de energéticos.

Debido a que el precio de combustible es el determinante más importante en la elección de combustible y sistemas a usar, se analiza el precio de venta final por cada energético, comparando el poder calorífico de cada energético, su densidad, el rendimiento del equipo más usado y el precio de compra según registros del mercado existente en Coyhaique para equipos descentralizados de generación de energía térmica.

ENERGÉTICO	PRECIO COMPRA UNIDAD DE ENERGÍA (\$/KWH)	PRECIO ENTREGA UNIDAD DE ENERGÍA (\$/KWH)	FUENTE
Leña de baja calidad. Más de 35% de humedad (Energético más usado)	26,36	43,93	Indicadores de Energía Calórica. Ministerio de Energía 2016.
Leña seca 25% de humedad	24,72	41,21	Indicadores de Energía Calórica. Ministerio de Energía 2016.
Gas Licuado de Petróleo (GLP)	102,17	120,20	CNE – Precios GLP
Diésel (Energético de referencia)	70,40	88,00	CNE – Precios de combustibles líquidos.
Kerosene	75,31	83,67	CNE – Precios de combustibles líquidos.
Chips de Madera	26,73	31,45	Centro de Biomasa Coyhaique
Pellet certificado	50,00	55,56	Patagonia Pellet (ECOMAS)
Electricidad BT1	146,0	146,0	Edelaysén
Electricidad Split-inverter con COP 3,0	48,67	48,67	Edelaysén

Tabla 14: Precio de energéticos. Fuentes: según se indica

De la misma forma se considera la evolución de los precios de diésel y kerosene en la ciudad, los cuales se identifican a continuación. No existen antecedentes del precio histórico de leña en Coyhaique donde la informalidad del comercio ronda el 70%, de acuerdo a registros del Sistema Nacional de Certificación de Leña.

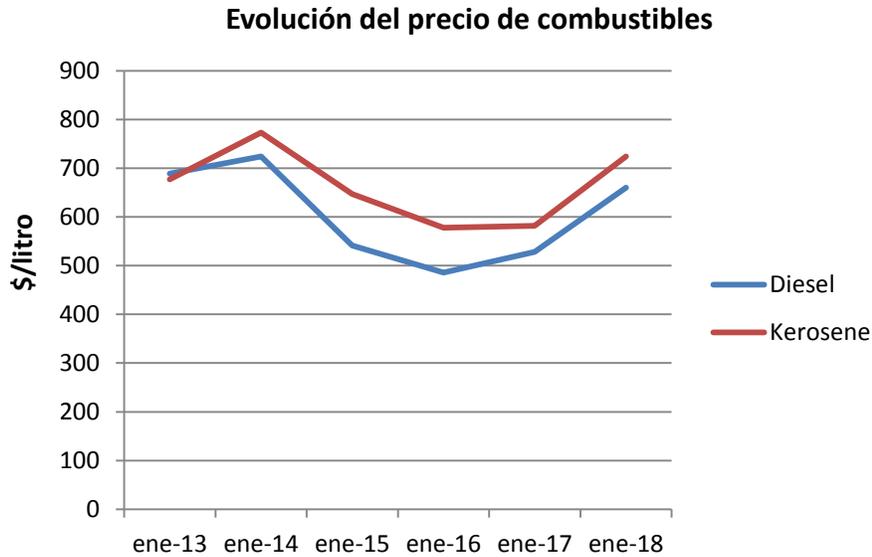


Figura 12: Precio histórico de diésel y kerosene en Coyhaique. Fuente: Elaboración propia - CNE

El estudio de ONU Ambiente, usa el modelo de simulación de precios de oferta a distintas categorías de edificios en la ciudad. La diferencia del precio de consumo durante el análisis de ciclo de vida entre viviendas y otras dependencias es relevante a la hora de identificar la oferta disponible para futuros modelos tarifarios de la energía suministrada (Tractebel, 2019).

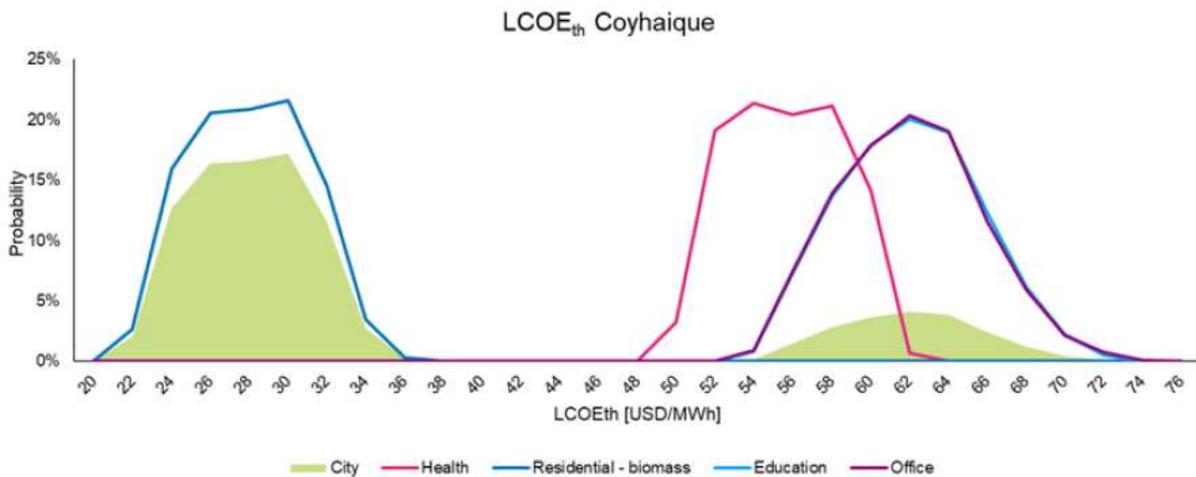


Figura 13: Análisis de ciclo de vida para calefacción en distintas tipologías de edificaciones en Coyhaique. Fuente: Tractebel, 2019.

Si bien la oferta de biomasa en la región está caracterizada por la disponibilidad de leña y astillas, el potencial de crecimiento del uso del pellet está en sintonía con el desarrollo de las soluciones que se enmarcan en el PDA vigente. El programa de Recambio de Calefactores en viviendas, comercio y la implementación de calderas en edificios institucionales y educacionales son puntos determinantes en la renovación de la oferta de biomasa enfocada al pellet.

De la misma forma, en los últimos años varias iniciativas han dado paso a proyectos de suministro de biomasa a centrales térmicas. Por ejemplo, Coyhaique cuenta con Centro de Biomasa (CdB) el cual suministra, principalmente a la caldera de Escuela Baquedano, y que tiene por objetivo el desarrollar el mercado de biomasa de alta calidad en la región, mejorando el acceso a altos volúmenes y abrir las puertas para el desarrollo de distintos formatos (pellets, astillas y briquetas).

Los programas pilotos de calefacción por medios eléctricos han tomado relevancia en el último año como alternativas competitivas por precio y accesibilidad. Sin embargo todavía se están desarrollando los estudios de consumo y tarifarios para permitir un escalamiento progresivo en la ciudad. En los próximos años se prevé el mejoramiento de la disponibilidad de pellet en la región, apuntalados por el constante aumento de calefactores y calderas que ocupan este combustible.

El sistema de calefacción distrital, como se ha señalado anteriormente, es un sistema pionero en la región y a nivel de instituciones públicas. La oferta actual de provisión de calefacción y ACS para este tipo de edificios está dada por sistemas de uso descentralizada en base a calderas a GLP, Diésel y Pellets. Si bien todas estas tecnologías de calefacción central pueden cumplir con la normativa establecida en el PDA, el enfoque que se busca es el de atender y mejorar la oferta de los energéticos competitivos de la leña y disponibilidad de una infraestructura barrial que optimice el proceso de calefacción y confort térmico.

### 2.2.6 Déficit

Para efectos de este informe, es necesario aclarar que no existe un déficit instantáneo ya que se estima que tanto los edificios como las viviendas están satisfaciendo sus necesidades energéticas con alguna fuente de generación de calor y ACS. Sin embargo éstas, como se ha señalado anteriormente, son grandes emisoras de contaminación, los cuales el proyecto busca solucionar. No obstante a ello, y según la definición de necesidades, se establecerá que existe una deficiencia en la oferta de un medio de generación, suministro y entrega de calefacción y ACS con mejor calidad y menos contaminante. Esta deficiencia está dada por dos factores: Diferencia de costos por energéticos y las diferencias de participación en sistemas de infraestructura barrial que optimicen servicios básicos de habitabilidad.

En primer lugar el déficit está sujeto a las diferencia entre la disponibilidad a pagar por calefacción establecida en la demanda y el precio promedio por unidad de energía que corresponde a la oferta. Se considera que si bien el servicio público está preparado para amortiguar el cambio de combustibles fósiles, en el escenario actual las viviendas estarían sólo cómodas con un cambio desde la leña a otras fuentes de biomasa de mayor calidad y electricidad de alta eficiencia (sin

embargo estos equipos requieren de una inversión inicial importante con escasos mecanismos de créditos disponibles en el escenario actual.

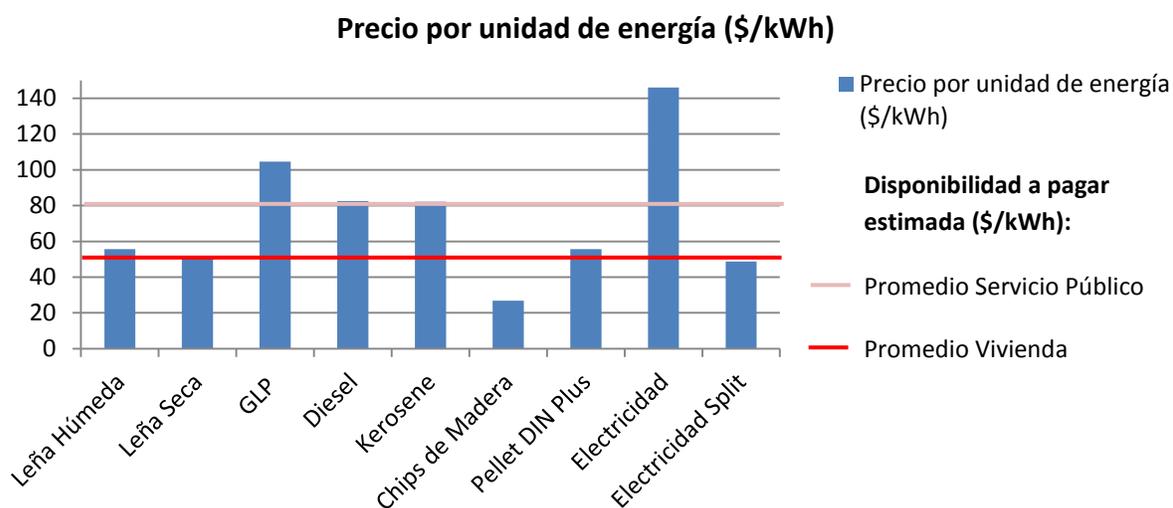


Figura 14: Precio por unidad de energía de distintos energéticos. Fuente: Elaboración propia.

En resumen, tanto tecnologías a combustibles fósiles (GLP, Diésel y Kerosene) son ofertas de energéticos que tienen un precio por sobre la disponibilidad de compra de los residentes en el sector Escuela Agrícola. En tanto, los energéticos derivados de procesos forestales y equipos eléctricos con un Coeficiente de Operatividad sobre 3,0 son energéticos competitivos con el precio de consumo de la leña. Especialmente, las tecnologías de combustión que utilizan chips de madera logran el mejor precio por unidad de energía entregada. Sin embargo, no existen actualmente, equipos unitarios que puedan instalarse fácilmente en viviendas.

En segundo lugar la falta de oportunidades de participación en una infraestructura barrial conlleva a que la participación social de esta población (vecinos y funcionarios de servicios del estado) es clave para dar cumplimiento a un sistema integral entre el servicio público, privado y la sociedad civil. Para ello se ha propuesto la Acción Integral Sustentable (AIS) que buscará activar una integración colectiva de vecinos con su ambiente a través de ejes de participación temprana, educación ambiental y economía circular.

La participación temprana es un componente clave en el factor de adopción de nuevas tecnologías y el éxito de la adopción de un sistema nuevo, en este caso, de calefacción. Actualmente los procesos participativos para proyectos de infraestructura tienen una acotada incorporación de participación, muchas veces sólo de carácter informativo y resolutivo. El déficit en destinar mayor protagonismo en estos procesos se evidencia en las faltas de medición de indicadores y escasa transparencia de información. La línea de educación ambiental se traduce en el intercambio de conocimientos sustentables, de eficiencia energética y la implementación de programas de mejoramiento barrial, reciclaje de residuos y programa de compostaje barrial. Para la línea de

economía circular se plantea un seguimiento e incremento de formación en hábitos de consumo sostenible, reutilización y producción limpia.

Estas tres líneas serán acogidas en una estrategia de participación y sociabilización de acuerdo a la metodología de Acuerdo Voluntario de Pre-inversión (AVP) impulsado por el Consejo Nacional de Producción Limpia. El AVP se estructura en las siguientes etapas: diagnóstico, mesas de trabajo, plan de participación, elaboración de acuerdos y propuestas para fase de construcción y operación. Estas actividades serán facilitadas a través de la Agencia de Sustentabilidad y Cambio Climático. Ella desarrollará un cronograma participativo desde el la puesta en marcha de la central hasta la ejecución de las etapas posteriores. Para ello será necesaria la identificación de liderazgos dentro de la comunidad como en el servicio público para apoyar el desarrollo de estas actividades.

El trabajo posterior de seguimiento y continuidad de estos programas será planteado como un eje dentro del modelo de operación del sistema en el que se buscará la integración de procesos para mantener y desarrollar los servicios acordados que mejoren y respalden la efectividad de las actividades primarias.

### 2.2.7 Tramitaciones y Regulaciones

Se deberán contemplar la tramitación y aprobación de los proyectos de especialidades antes los organismos correspondientes:

- Ordenanza General de Urbanismo y Construcción
- Ordenanza local para el Lote 9
- Ley de Bases Generales sobre Medio Ambiente
- Normas Chilena de edificación NCh, Norma INN y a los reglamentos correspondientes.
- Norma de Electricidad y Combustible
- Normas Sanitarias
- Normas de Higiene Ambiental
- Normas de Tránsito y Utilización de vías publicas
- Normas laborales y de seguridad
- EN 253 District Heating Pipes – Preinsulated bonded pipe systems for directly buried hot water networks.
- Norma ISO 17225-1: 2014 de especificaciones de biocombustibles sólidos.

Los sistemas de energía distrital no cuentan, actualmente, con normativas claras en cuanto a la tarificación de energía térmica, calidad y condiciones de distribución de agua caliente no sanitaria y sanitaria. Si bien, no existe prohibiciones, las ordenanzas locales no cuentan con un marco legal y normativo que promueva la implementación de este tipo de proyectos. A través de los distintos estudios, especialmente en el Manual de proyectos de Energía Distrital, se elaborará la evaluación del marco regulatorio por el que se regirá el proyecto.

## 2.3 Identificación de Alternativas

### 2.3.1 Situación Base Optimizada

Este escenario considera la aplicación de una medida que pueda dar una solución al problema de emisiones de contaminantes atmosféricos por quema de leña en artefactos a leña. Esta medida implica una inversión marginal en un tiempo determinado y servirá para evitar la sobre estimación de beneficios y costos asociados al proyecto de calefacción distrital. Se define que las alternativas de abatimiento de emisiones, como filtros electroestáticos o catalizadores, pueden reflejar un indicador de la evaluación si se considera su aplicación en las 90 viviendas y se acompaña por un programa de educación enfocado en la eficiencia energética y hábitos de mantenimiento de los artefactos. Este escenario será evaluado a socialmente como alternativa denominada SBO.

Si bien la situación base optimizada presenta una alternativa a corto plazo, las condiciones, eficiencia y vida útil de equipos y la dificultad del uso adecuado, limitan la efectividad de esta medida. A la vez, no permite la integración de soluciones asociadas entre distintos procesos y actores que sí lo puede dar una infraestructura urbana.

### 2.3.2 Configuración de Alternativas de Solución

De acuerdo a la normativa ambiental vigente y al uso que ya está instalado en el sector, se considera, como escenario base, la utilización de diésel para los edificios del servicio público. Este combustible tiene un costo relativamente bajo en inversión inicial de caldera y red de distribución pero cuyo costo de suministro de combustible es uno de los más altos comparativamente. Un sistema así se beneficia de la economía de escala, que mientras más extensa es la red, menor va a ser el costo de operación y mantención del sistema.

Para las viviendas se considera el acondicionamiento térmico de las viviendas para alcanzar un confort térmico considerando el 50% de la demanda por calefacción y ACS estimado para una vivienda tradicional. Aunque el acondicionamiento térmico es una pieza integral en la composición de la demanda de la Etapa 2 para un correcto funcionamiento del sistema, no corresponde a una inversión asociada a este programa. Como se señala anteriormente, se plantea el confort térmico de las viviendas a través de proyectos asociados al acondicionamiento térmico a través de los Programas de Protección del Patrimonio Familiar (PPPF-PDA) del MINVU en relación a la aplicación del PDA en esta zona.

Se considera como situación base el uso de los artefactos de leña existentes y que son predominantes en estas viviendas.

Según el análisis anterior de demanda y oferta, se determinan los siguientes valores de consumo de energéticos para la situación base para edificios públicos y las viviendas:

	DEMANDA KWH/AÑO	VALOR LEÑA MM\$	VALOR GLP AÑO MM\$	VALOR DIÉSEL AÑO MM\$	VALOR CHIP AÑO MM\$	VALOR PELLET AÑO MM\$
Etapa 1.A	556.843	23,70	66,93	49,00	17,51	30,94
Etapa 1.B	756.222	32,19	90,90	66,55	23,78	42,01
Etapa 2	1.048.680	44,64	126,05	92,28	32,98	58,26
Total	2.361.745	100,54	283,88	207,83	74,28	131,22

Tabla 15: Situación base de costos de combustibles. Fuente: AGIES, 2017; Comisión Nacional de Energía, 2018;

	Situación Base para edificios públicos
	Situación Base para viviendas
	Situación de Alternativas

La situación base identifica que la suma de los edificios de servicio público (Etapa 1.A y B) con combustible a diésel es de: MM\$111,55 y la Etapa 2 (viviendas) con valor leña a cargo de cada propiedad privada alcanza los MM\$44,64. De la misma forma se estima la suma de las alternativas de chip y pellet de la primera etapa: MM\$41,30 y MM\$72,95 respectivamente con un promedio de MM\$57,13. El costo en viviendas se estima en un promedio de MM\$45,62. La diferencia de costo de energético entre la situación base para los edificios públicos es de MM\$54,42 al año favorable al consumo de chip y pellets. Por el contrario, en viviendas privadas, las alternativas asumen un costo superior de MM\$0,98 a la situación base, es decir un incremento de \$10.888 por vivienda al año.

Identificando las emisiones de CO2 actuales y proyectadas según la “Comisión por la que se establecen directrices para el seguimiento y la notificación de las emisiones de gases de efecto invernadero de conformidad con la Directiva 2003/87/CE del Parlamento Europeo y del Consejo” (UE, 2007). Ahí se establece una emisión promedio de 0,28 kg por kWh generado por diésel, en base al poder calorífico del combustible (10kWh/litro) y un factor de emisión de 0 kg de CO2 para biomásas como las astillas y el pellet.

	DEMANDA KWH/AÑO	EMISIONES kg de CO2 por kWh generado al año	EMISIONES Astillas kg CO2
Etapa 1	1.313.065	367.658,2	0,0

Tabla 16a: Situación base de emisiones de CO2. Fuente: Elaboración propia.

	Situación Base para edificios públicos
	Situación de Alternativas

Por otra parte, según el Informe de Evaluación de los Programas de Recambio de Calefactores en Coyhaique, elaborado por el DICTUC el 2018, a raíz del cambio en la matriz energética de viviendas se identifican las emisiones de MP2,5 por cada combustible (DICTUC, 2018). Se considera que la

combustión de leña húmeda en un equipo genérico emite en promedio 8,62gr/kWh consumido, mientras que la combustión a pellet emite 0,29gr/kWh. Si se toman los valores actuales de emisión de contaminantes en viviendas sin acondicionamiento térmico se puede llegar a los índices de:

	EMISIONES LEÑA VIVIENDA kg MP2,5 al año	EMISIONES LEÑA HÚMEDA kg MP2,5	EMISIONES PELLET kg MP2,5
Etapa 2	185	16.650	304,12

Tabla 16b: Situación base de emisiones de MP2,5. Fuente: Elaboración propia.

	Situación Base para viviendas
	Situación de Alternativas

De acuerdo a esto se establece que la alternativas podrían evitar la emisión de 16.345,9 kg de MP2,5 por calefacción y ACS en viviendas mediante alternativas competitivas en precio a la situación actual.

Para diferenciar las etapas de aplicación de las alternativas, primeramente, se determinan los componentes necesarios de este proyecto, para dar funcionamiento al sistema distrital considerando las distintas etapas de ejecución. Se identifican también los conceptos que se usarán a continuación:

INVERSIÓN	SALA DE CALDERA	FUENTE DE CALOR Y EQUIPOS	SISTEMA DE DISTRIBUCIÓN	TRAZADO INTERIOR	SUBESTACIONES	RADIADORES
Etapa 1.A	X	X	X	X	X	
Etapa 1.B		X	X			
Etapa 2		X	X	X	X	X

Tabla 17: Resumen de configuración de inversiones de las distintas etapas.

**Sala de Caldera y Equipos:** Obras civiles y terminaciones del recinto que alojará el conjunto de equipos de generación de energía térmica. Incluye además los silos para el acopio del combustible.

**Fuente de Calor y Equipos:** Sistema de caldera y equipos determinados por demanda de energía térmica y combustible a usar. Incluye los equipos de bombeo, red de circulación de caldera, calderas de respaldo y otros equipos necesarios.

**Sistema de Distribución:** Red de ductos de agua caliente y retorno entre la caldera y la línea oficial del predio a suministrar calefacción y ACS.

**Trazado Interior:** Red de ductos de agua caliente y retorno entre la línea oficial y la conexión a subestaciones por edificios y grupo de viviendas.

**Subestaciones:** Set de equipos que convierten el agua distrital a agua para calefacción por radiadores y ACS. Pueden estar conectadas a calderas individuales existentes. Se diferenciarán las subestaciones para calefacción y ACS por cada edificio.

**Radiadores:** Fuente de radiación de calor en recintos interiores.

En la búsqueda de referentes como casos de estudio se analizan 3 sistemas que proporcionan calor a una red distrital diferenciados según su fuente de calor, sistema de distribución y envergadura de sala de caldera según diferentes parámetros de dimensionamiento:

### 2.3.2.1 Fuente de calor

Se diferencian 3 formas de producción de calor: calefacción centralizada; cogeneración; y red de energía. Estas se explican a continuación:

**Calefacción Centralizada:** Consiste en una unidad de combustión de combustible que genera agua caliente para calefacción a través de unidades independientes y ACS para baños y cocinas. Los tipos de combustible analizados son los siguientes:

CALEFACCIÓN CENTRALIZADA
<p><b>CALDERA A DIÉSEL</b> Corresponde a una instalación de gas centralizada, utilizando Diésel como combustible.</p>
<p><b>CALDERA A PELLET</b> Corresponde a una instalación centralizada de una caldera a biomasa con capacidad para quemar pellets y astillas de madera, con limitaciones en cuanto a la humedad y el tamaño del energético.</p>
<p><b>CALDERA A ASTILLAS</b> Corresponde a una instalación centralizada de una caldera a biomasa con capacidad de quemar pellets, astillas de madera y residuos de aserraderos. Permite una mayor variabilidad en cuanto al tamaño máximo y humedad del energético.</p>

Tabla 18: Opciones de combustibles para calderas de calefacción centralizada. Fuente: Elaboración propia

**Cogeneración:** Consiste en un equipo de calefacción central junto a una central de generación eléctrica. Los tipos de combustible analizados son los siguientes:

COGENERACIÓN
<p><b>CHP Spanner / Pellet</b> Cogeneración a través de una central de gasificación de biomasa de potencia eléctrica, y una caldera a biomasa de potencia térmica, con las mismas características que la caldera descrita en el caso “Caldera a Pellet” para el análisis de la calefacción centralizada.</p>

<p><b>CHP GLP / Pellet</b> Cogeneración a través de una central a GLP de potencia eléctrica, y una caldera a biomasa de potencia térmica, con las mismas características que la caldera descrita en el caso “Caldera a Pellet” para el análisis de la calefacción centralizada.</p>
<p><b>CHP Spanner / Astillas</b> Cogeneración a través de una central de gasificación de biomasa de 75 kW de potencia eléctrica, y una caldera a biomasa de potencia térmica, con las mismas características que la caldera descrita en el caso “Caldera a Astillas” para el análisis de la calefacción centralizada.</p>
<p><b>CHP GLP / Astillas</b> Cogeneración a través de una central de GLP de 75 de potencia eléctrica, y una caldera a biomasa de potencia térmica, con las mismas características que la caldera descrita en el caso “Caldera a Astillas” para el análisis de la calefacción centralizada.</p>
<p><b>CHP GLP / GLP</b> Cogeneración a través de una central de GLP de 75 de potencia eléctrica, y una caldera a biomasa de potencia térmica, con las mismas características que la caldera descrita en el caso “Diésel” para el análisis de la calefacción centralizada.</p>

Tabla 19: Opciones de combustibles para equipos de cogeneración. Fuente: Elaboración propia.

**Red de anergía:** Consiste en un intercambiador de calor central en base a pozos geotérmicos por donde circula fluido térmico que abastece a una bomba de calor en cada terminal. Los tipos analizados son los siguientes:

RED DE ANERGÍA
<p><b>BHE + HP</b> Intercambiador de calor a través de las napas (BHE por Bore Hole Exchanger), que abastece de fluido térmico de baja calidad a bombas de calor agua-agua ubicadas en cada edificio (HP corresponde a las siglas de Heat Pump).</p>
<p><b>Air HX + HP</b> Intercambiador de calor que utiliza el aire como fuente o sumidero de calor (Air HX corresponde a una abreviación de Air Heat Exchanger), que abastece a bombas de calor ubicadas en cada edificio suministrado.</p>

Tabla 20: Opciones de sistemas de red de anergía. Fuente: Elaboración propia

Previo a un análisis en mayor extensión, se estima la excavación de pozos profundos y se pronostica extraer agua 12°C con un caudal de 15 l/s. El agua servirá de fluido de trabajo en la red de distribución y al igual que en los casos anteriores, poseerá un balanceo hidráulico para el correcto funcionamiento de las subestaciones. El calor transportado por el agua a 12°C, será utilizado en cada edificio como fuente de anergía por bombas de calor agua-agua, las cuales subirán la temperatura del agua a la deseada, consumiendo energía eléctrica. Esta temperatura puede ser baja como 30°C, para sistemas de emisión de calor por loza radiante, o llegar 60°C para convectores como los radiadores.

Los costos por intercambiar calor con la red de anergía corresponderán a costo nivelado de energía del sistema, considerando la red de distribución, los pozos y la operación y mantenimiento. Cada edificio deberá pagar sus cuentas de energía eléctrica por separado.

Para evaluar las opciones de sistemas, se analizan a partir de un análisis FODA (Fortalezas, Oportunidades, Debilidades, Amenazas) con el cual se determina la factibilidad de instalación y operación de cada uno.

ENDÓGENAS	CALEFACCIÓN CENTRALIZADA	CO-GENERACIÓN	RED DE ANERGÍA
<b>FORTALEZAS</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Tecnología madura.</li> <li>Conocimiento y experiencia en el mercado nacional y local.</li> <li>Proveedores de tecnología en Chile.</li> <li>Bajos costos operativos.</li> <li>Caldera que acepta múltiples tipos y calidades de biomasa.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>La tecnología existe en la zona (Hospital de Coyhaique) al igual que el servicio e insumos para su operación.</li> <li>Más eficiente que una caldera.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Legislación favorable en cuanto al uso de aguas para fines no consuntivos.</li> <li>De fácil operación y mantenimiento.</li> <li>Temperatura de pozos alrededor de los 10°C (Fuente: CEGA).</li> </ul>
<b>DEBILIDADES</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>No se permite la competencia entre distintos oferentes de calor, lo que puede provocar ineficiencias.</li> <li>El sistema no contempla la escalabilidad fuera del Lote 9, a menos que se reproduzca el sistema.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>No se permite la competencia entre distintos oferentes de calor, lo que puede llegar a ineficiencias.</li> <li>Aumento de la complejidad al integrar sistemas eléctricos.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Tecnología no madura en Chile.</li> <li>Requiere un sondeo antes de comenzar con la fase de planificación para notar la existencia de recursos geotermales de baja entalpía.</li> <li>Su eficiencia depende del uso de sistemas de emisión para baja temperatura.</li> </ul>
<b>OPORTUNIDADES</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Disminución del precio de la biomasa.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Aumento del precio de la energía eléctrica para modelo de negocio</li> <li>Disminución del precio de la biomasa.</li> <li>Ser un modelo de negocio exitoso implementable y replicable a toda escala.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Modelo de negocio que pueda acceder a contribuciones mediante Mecanismos de Desarrollo Limpio (MDL).</li> <li>Nuevos estudios que se están produciendo a nivel comunal de factibilidad técnica y económica</li> </ul>
<b>AMENAZAS</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Aumento del precio de la biomasa.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Disminución del precio de la energía eléctrica.</li> <li>Aumento del precio del GLP.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Aumento del precio de la energía eléctrica.</li> </ul>

Tabla 21: FODA de los 3 sistemas de calefacción distrital Fuente: Elaboración propia.

En cuanto a los costos nivelados de la producción de calor, las tecnologías más prometedoras son la cogeneración y las redes de anergía con geotermia de baja entalpía, con emisiones mínimas de gases de efecto invernadero y bajos consumos de exergía.

La gran amenaza del sistema de cogeneración, es que el mercado no esté culturalmente preparado para aceptar a un sub-distribuidor de energía eléctrica, como es el caso de los Pequeños Medio de Generación Distribuida (PMGD). En este caso la opción de cogenerar tiene sentido siempre que la inversión inicial de quien administre el sistema signifique contratos a largo plazo con el sector público y pre acuerdos con los usuarios de las viviendas.

La gasificación de biomasa, para cogeneración, es una tecnología que ya ha sido implementada exitosamente en la ciudad (Comercial San Cristóbal) aunque la experiencia internacional señala que requiere de mano de obra muy especializada para sus mantenciones anuales, lo que la hace muy susceptible a fallas en una región aislada como la de Aysén.

En cuanto a las redes de anergía, a pesar de que los componentes del sistema se encuentran en una etapa madura, implementar una red distrital de anergía exige un carácter altamente innovador, tanto que no existen experiencias previas y la región no cuenta con un servicio técnico capacitado y con respuesta en plazos cortos de 1 o 2 días.

En conclusión a partir de los antecedentes provistos anteriormente el sistema a proponer se basa en un sistema de calderas de biomasa con cogeneración la cual podrá ser alimentada con una gama de distintos tipos de biomasa (astillas, pellets, raleo, etc.) y distintos contenidos de humedad, con el fin de poder acceder los menores costos marginales de producción de calor.

El sistema de calderas se evaluó para funcionar en base a la necesidad de potencia instalada de cada etapa, conectándose unas a otras como sistema en cascada para satisfacer la totalidad de la demanda térmica (punta, media y base).

Se plantea que para calefacción el factor de diversidad de la demanda equivale a 0,8, identificado por Geiringer en 1963. Para ACS el factor es de 0,65.

NOMBRE SERVICIO	DEMANDA MÁXIMA CALEFACCIÓN KWh/año	DEMANDA MÁXIMA AGUA CALIENTE SANITARIA KWh/año	POTENCIA DEMANDA CALEFACCIÓN KW	POTENCIA DEMANDA ACS KW	DEMANDA MÁXIMA TOTAL KW
<b>TOTAL ETAPA 1.A</b>	451.798	105.045	146,35	202,01	248,38
<b>TOTAL ETAPA 1.B</b>	688.673	67.549	223,59	129,90	263,27
<b>TOTAL ETAPA 2</b>	879.840	168.840	285,66	324,69	439,58
<b>Pérdidas por Distribución</b>					56,00
<b>TOTAL SISTEMA</b>					<b>951,23</b>

Tabla 22: Demandas térmicas de edificios proyectados y estimados. Fuente: elaboración propia.

Para Etapa 1.A se plantea una capacidad instalada de 300kW térmicos y 100kW eléctricos. La Etapa 1.B contará con una caldera similar a biomasa de 300kW térmicos. Finalmente la Etapa 2 contará con la instalación de 2 calderas de 300kW térmicos cada una y 100 kW eléctricos. En conjunto las dos etapas sumarán 1.200 kW térmicos y 200 kW eléctricos.

El análisis de Horas de Carga Completa Equivalente (EFLH por sus siglas en Inglés) es un indicador de eficiencia energética que relaciona la capacidad de las calderas, su demanda y el porcentaje del tiempo que estará siendo usada en su máxima capacidad:

$$\text{EFLH} = \frac{2.361.745 \text{ kWh}}{1.200 \text{ kW}} = 1.968 \text{ horas}$$

En este escenario, las calderas estarán operando en su máxima capacidad el 22,46% de horas durante el año.

Tanto por el dimensionamiento de las calderas, que sumarían 1.400 kW en total, como por la extensión en superficie de las redes en 1,61 has, no genera suficiente impacto para ser evaluado ambientalmente. Con fecha 07 de Enero del 2019 se deja constancia por parte del Servicio de Evaluación Ambiental de que la envergadura del proyecto no requerirá ingresar al sistema de evaluación. Se adjunta Resolución Exenta N°005 en anexos. Sin embargo y debido a la proyección de extensión del proyecto este sí lo requerirá al aproximarse a los 3MW de generación.

### **2.3.2.2 Acumulación**

Se considera la provisión de estanques de acumulación que permitan lograr uniformidad de la operación del sistema durante las demandas puntas y futuras extensiones del proyecto. Se dimensiona según la demanda térmica, el factor de recuperación de 1 hora y de la temperatura necesaria de operación de entre 70°C (retorno) y 90°C (ida). Se consideran así 3 estanques de 8 m<sup>3</sup> cada uno conectados en serie al sistema de calderas. Estos 24 m<sup>3</sup> de inercia térmica lograrían la acumulación de 975 kWh con un factor de uso de acumulación de 0,71 de seguridad.

### **2.3.2.3 Sistema de distribución**

El sistema de distribución estará conformado por tuberías pre-aisladas dobles, rígidas, con aislación de espuma de poliuretano rígida (PUR), la cuales distribuirán calor a los distintos edificios y viviendas a través de subestaciones. La configuración del circuito será de flujo variable y bombas de flujo variable controlada por sensores de presión en la entrada y salida de la subestación correspondiente al usuario que presente una mayor pérdida de presión en el circuito.

A continuación se grafica la disposición propuesta de redes subterráneas del proyecto. Como se ha mencionado en el ítem 2.2.4 de Demandas, la extensión de las redes alcanza los 1.972 m considerando la red de impulsión y retorno.



Figura 15: Plano esquemático de extensión de redes proyectadas. Fuente: Elaboración propia

La red de distribución tendrá una bomba de flujo variable controlada por sensores de presión en la entrada y salida de la subestación correspondiente al usuario crítico (usuario que presente una mayor pérdida de presión en el circuito proveniente desde la planta), que enviarán una señal a la bomba del sistema para ajustar su operación, lo que permitirá asegurar que exista una diferencia de presión mínima en el usuario crítico.

#### 2.3.2.3.1 Distribución al interior de los edificios

Si bien el diseño de la distribución al interior de los edificios queda fuera del alcance de este informe de preinversión, se identifica la utilización de subestaciones con circuitos de calefacción y ACS por separado, dimensionadas de acuerdo a los requerimientos particulares de cada edificio. La capacidad de las subestaciones será abordada en la etapa de Diseño del sistema.

#### 2.3.2.3.2 Sistema de control

El circuito de distribución tendrá control a nivel de la bomba central, controlando el caudal de las bombas de acuerdo a la presión disponible en el consumidor crítico.

Cada intercambiador de calor se diseña con un medidor de energía térmica de tiempo real, que envía información, tanto al sistema de control de la red de distribución como al de gestión de la planta. La información, de forma agregada, del consumo y la generación, será utilizada para identificar ineficiencias y permitir el mejoramiento continuo del sistema. Además, para poder

hacer el seguimiento a mejoras de eficiencia energética, la información del consumo de cada punto de venta estará disponible a los usuarios a pedido, con una resolución mínima de una hora.

En los edificios, el sistema de control se hará a través de válvulas motorizadas que actúan en función de la temperatura, y adicionalmente cada acometida los edificios contará con un sistema de equilibrado de presiones que permitirá asegurar un caudal uniforme en todos los servicios.

#### 2.3.2.4 Suministro de Biomasa

##### Abastecimiento:

El abastecimiento seguro, constante en el tiempo y con óptima calidad son los factores esenciales para asegurar un modelo de suministro ideal.

En primer lugar se analiza la disponibilidad potencial de biomasa dentro de un radio asequible para fortalecer las líneas de suministro a considerar. La Estrategia de Energía Local de Coyhaique, desarrollada por el Ministerio de Energía junto a la Municipalidad de Coyhaique el 2017 bajo el programa de Comuna Energética, y con datos del INFOR del 2006, indica algunos estimados de disponibilidad potencial de biomasa seca en un radio de 50km alrededor de Coyhaique:

FUENTE	SUPERFICIE POTENCIAL (has)	TASA DE CRECIMIENTO (m <sup>3</sup> )/ha/año)	UTILIZACIÓN	POTENCIAL DISPONIBLE (m <sup>3</sup> )
Bosque Nativo	178.837	4	20%	143.070
Plantaciones Forestales	19.958	8	10%	15.966
Plantaciones Energéticas	173.850	8	10%	139.080
<b>Total</b>	<b>372.645</b>			<b>298.116</b>

Tabla 23: Volumen disponible para proyectos energéticos. Fuente: EBP, 2017.

Si bien el potencial disponible es de casi 300.000 m<sup>3</sup>, sólo el 53% corresponde a un potencial explotable en la actualidad.

En la actualidad existen 2 operadores privados que cuentan con un el ciclo completo de abastecimiento de astillas que pueden venderse en el sector. Estos cuentan con equipos de astillado, almacenamiento intermedio, arneo, secado, transporte y venta de astillas, y tienen una capacidad instalada para generar al menos 1.000 m<sup>3</sup>/mes. Por un lado, el Centro de Biomasa de Coyhaique, ubicado en el camino a Coyhaique Alto, tiene por objetivo el incrementar la oferta de biomasa de alta calidad en la región y tienen por principal cliente a la Escuela Baquedano de Coyhaique que cuenta con 2 calderas a astillas de 300kWt en total. El precio de venta informado es de \$28.000 m<sup>3</sup>. La composición principal de las astillas son restos de poda y raleo de bosque nativo, específicamente Lengua y Ñirre. El segundo caso es la Comercial San Cristobal, ubicada en Bilbao 2305, en la que la empresa Energy220 provee de astillas brutas y genera el arneo, secado y

consumo de astillas en una caldera de pirolisis de astillas de 75 kW. La mayor parte de las astillas son producto de las actividades de aserradero del establecimiento, siendo predominante las astillas de pino oregón de distinta graduación.

El abastecimiento de la central distrital, como se hace referencia a los casos existentes, recae en definir y establecer contratos o acuerdos con los proveedores que puedan extenderse en el tiempo con la mayor estabilidad de calidad y precio posible. De las casi 20.000 has de plantaciones forestales, el 51% de la tenencia de suelo corresponde a pequeños y medianos propietarios, lo que dificulta establecer una seguridad de abastecimiento si es que no se trabaja con ellos desde una etapa de diseño.

Por medio del Instituto Forestal (INFOR), perteneciente al Ministerio de Agricultura, se está delineando la factibilidad de organización de los actores de proveedores e intermediarios que abastezcan, procesen (secado y calibrado) y distribuyan el combustible con los requisitos de calidad recomendados para el funcionamiento de la central térmica. Por medio de involucrar directamente al INFOR en las actividades indirectas de la definición de mapa de actores, se abre la oportunidad que esta organización recaiga en el interés aparente de reconversión de algunos comerciantes de leña a energéticos de mejor calidad y menor contenido de humedad como la astilla o pellets.

#### **Dimensionamiento:**

El silo se dimensiona para las dos etapas del proyecto en primera instancia. La capacidad de ampliación o extensión del mismo recaerá en el proceso de diseño requerido. En vista de que se propone una caldera con la capacidad de aceptar al menos pellets y astillas como combustible, se evalúan los dos combustibles y se dimensiona el silo para astillas, ya que tiene un menor poder calorífico por unidad de volumen. Se considera para las astillas una densidad de 250 kg/m<sup>3</sup> y un poder calorífico de 800 kWh/m<sup>3</sup>. Para el pellet la densidad es de 600 kg/m<sup>3</sup> y poder calorífico de 4,8 kWh/kg según cálculos presentados por el Ministerio de Energía.

Se realiza una estimación del consumo de energía de la caldera para poder abastecer a los edificios y viviendas una vez finalizadas las dos etapas de construcción. El consumo de energía incorpora las pérdidas por distribución, la generación de agua caliente para el consumo de ACS, las pérdidas por rendimiento de la caldera, y los consumos asociados a la calefacción. Como era de esperarse, existe una marcada estacionalidad para los consumos de calefacción. Los resultados son los mostrados a continuación:

Consumo MWh	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
Pérdidas por distribución	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15
Generación ACS	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25
Pérdidas rendimiento caldera	10	10	15	25	40	45	50	45	40	25	15	10
Generación Calefacción	28	40	80	160	270	300	360	300	220	110	45	30
Total MWh/año	78	90	135	225	350	385	450	385	300	175	100	80

Tabla 24: Consumo MWh, para cada mes del año. Fuente: elaboración propia

Consumo Energético Mes m <sup>3</sup>	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
Astillas	98	113	169	281	438	481	563	481	375	219	125	100
Pellet	27	31	47	78	122	134	156	134	104	61	35	28

Consumo Energético Día m <sup>3</sup>	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
Astillas	3,25	3,75	5,63	9,38	14,58	16,04	18,75	16,04	12,50	7,29	4,17	3,33
Pellet	0,90	1,04	1,56	2,60	4,05	4,46	5,21	4,46	3,47	2,03	1,16	0,93

Tabla 25: Consumo de pellets o astillas en metros cúbicos mensual y diario del año. Fuente: elaboración propia

De la tabla anterior se indica que el sistema demandará un volumen de 3.441 m<sup>3</sup> de astillas o 956 m<sup>3</sup> de pellet anualmente, teniendo una demanda punta en Julio de al menos 18,75 m<sup>3</sup> de astillas al día.

Se analiza también los volúmenes requeridos para el caso de astillas para un período de autonomía de 3 días, para 1 semana y 1 mes para el caso de Pellet, considerando el período de mayor consumo, entre Junio y Agosto y un factor de seguridad de un 15%:

Tiempo Autonomía	Combustible	Tamaño silo [m3]	Alto [m]	Ancho [m]	Largo [m]
1 mes	Pellet	180	3	6	10
1 mes	Astillas	647	No se calcula		
1 semana	Astillas	162	3	6	9
3 días	Astillas	65	3	6	4

Tabla 26: Tamaño requerido del silo de acuerdo al combustible utilizado. Fuente: elaboración propia

Finalmente, se propone que el silo de almacenamiento tenga una capacidad de 75 m<sup>3</sup>, cercana a la capacidad requerida para una autonomía de 3 días utilizando astillas como combustible. Para las astillas se utilizarán de acuerdo a las especificaciones requeridas por las calderas. Las especificaciones del combustible deberán tener en consideración al menos los siguientes parámetros considerados en la normativa ISO 17225-1:

- Distribución del tamaño de las astillas (P)
- Humedad del combustible (M ó w)
- Contenido de cenizas (A)

En el caso de los pellets, estos deberán cumplir con los requerimientos de la caldera, de acuerdo a la norma UNE 14961, parte 1 y 2. Los combustibles deberán definir al menos los siguientes parámetros:

- Diámetro y largo (D)
- Humedad del pellet (M)
- Durabilidad mecánica (DU)
- Contenido de cenizas (A)

Los valores permisibles para cada parámetro dependerán de los requerimientos y capacidad de las calderas, pero se propone como mínimo lo siguiente según el Manual de Combustibles de Madera (AVEBIOM, 2008):

- Astillas: M20-40, P16-45, A1,5-3.0
- Pellets: M50, D12, DU95.0, A2.0

La caldera podrá aceptar astillas o pellets de menor calidad que los mencionados anteriormente, pero debe asegurar que el funcionamiento con dicho combustible pueda lograr generar la potencia requerida por diseño.

El silo de almacenamiento deberá considerar todas las condiciones de seguridad necesarias para evitar cualquier riesgo de incendio por auto ignición de la biomasa, y para evitar posibles asfixias de parte de funcionarios que puedan requerir ingresar al silo.

Para esto, se deberá considerar lo siguiente:

- Sistema mecánico de ventilación para el silo de almacenamiento.
- Sistema de monitoreo de gases y temperatura, asociado a la apertura del acceso del silo.

### **Logística de transporte de combustible**

Actualmente, el transporte en la ciudad de Coyhaique se realiza en camiones tolva con una capacidad de 10 m<sup>3</sup>. Para la operación del proyecto podrá considerarse un camión de mayor envergadura para los meses de invierno. Sin embargo esto conlleva un riesgo de aumento de precios de suministro, dado que en Coyhaique no existe un mercado desarrollado de transporte. Contar con un camión para realizar despachos puede significar un activo con prolongados sin movimientos para el proveedor de astillas y que debiera verse reflejado en un mayor precio del combustible.

El proceso de llenado del silo se diseñará considerando una escotilla removible que permite el acceso directamente a los camiones. Se estima que el tiempo de descarga de cada camión no debería superar los 15 minutos. De esta manera, se puede planificar el despacho de combustible en horarios fuera de oficina, para no perturbar mayormente el funcionamiento del barrio cívico.

### **2.3.3 Definición de alternativas de Modelo de Administración**

El modelo de administración es una pieza clave en la planificación del desarrollo del diseño y ejecución del proyecto. Un servicio como la venta de energía térmica requiere propuestas de valor

que se diferencien de tal manera que no sea sustituido por un servicio equivalente (tal como la calefacción por diésel). Estas se valoraron según sus cualidades financieras y servicios adicionales.

El mercado se diferenció en dos clientes, los edificios públicos contenidos en el Lote 9 y las viviendas. Esto se debe a que el primero es el cliente que significativamente presenta el mayor consumo, tanto en calefacción como en ACS. Lo anterior no modifica el hecho de que los requerimientos de cada cliente deben ser cubiertos y dónde la confiabilidad del servicio es de gran importancia. Todas las propuestas consideran el abastecimiento de agua caliente para los sistemas de calefacción y ACS y, por lo tanto, no fue necesario añadir alguna otra cualidad para el ajuste. Se elabora a continuación las condiciones de una propuesta de valor, canales utilizados, relación con clientes, flujos de ingresos, recursos claves, actividades clave, socios clave y estructura de costos que serán requerimientos para la administración del sistema.

	Modelo Administración 1 (MA1)	Modelo Administración 2 (MA2)	Modelo Administración 3 (MA3)
<b>Propuesta de valor</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• La ESCO proveerá los servicios de suministro de calefacción y ACS a cada edificio del Lote 9 y viviendas mediante una red subterránea.</li> <li>• El precio de la energía térmica será competitivo con el precio de mercado.</li> <li>• La energía eléctrica será vendida directamente a la red de Edelaysén.</li> <li>• Los consumos de energía térmica para cada empalme (edificio) estarán disponibles en tiempo real (resolución de 1 hora) mediante una aplicación móvil.</li> <li>• La facturación será por períodos mensuales y constará de un cargo fijo el cual considera los costos anualizados de mantención. Además, considera un cargo variable por consumo de energía.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• La ESCO proveerá los servicios de suministro de calefacción y ACS a cada edificio del Lote 9 y viviendas mediante una red subterránea.</li> <li>• La energía eléctrica será vendida directamente a la red de Edelaysén.</li> <li>• El precio por energía térmica será competitivo con el que el precio de mercado.</li> <li>• Los consumos de energía térmica, para cada empalme (edificio), estarán disponibles en tiempo real (resolución de 1 hora) mediante un aplicación móvil.</li> <li>• La facturación para el primer año será de acuerdo a los consumos: mes a mes.</li> <li>• A partir del segundo año, la facturación será por períodos mensuales e iguales durante todo el año. Estos se fijarán en base al consumo de año anterior, evitando problemas financieros.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• La ESCO será parte de una entidad que ofrecerá servicios de "Facility Management" (FM).</li> <li>• El FM proveerá el servicio de manejo de residuos sólidos (reciclaje) como parte del plan de Acción Integral Sustentable.</li> <li>• El FM proveerá los servicios de aseo y ornato para los edificios y espacios comunes.</li> <li>• El FM proveerá el servicio de seguridad para edificios, espacios comunes, calles en coordinación con carabineros y el comité de viviendas.</li> <li>• El FM proveerá los servicios de suministro de calefacción y ACS a cada edificio del Lote 9 y viviendas mediante una red subterránea.</li> <li>• La energía eléctrica será vendida directamente a la red de Edelaysén.</li> <li>• El precio por energía térmica será competitivo con el que el precio de mercado.</li> <li>• El precio por todos los servicios será menor que si fuesen adquiridos de forma individual.</li> <li>• Los consumos de energía térmica, para cada empalme (edificio), estarán disponibles en tiempo real (resolución de 1 hora) mediante un aplicación</li> </ul>

			<p>móvil (Android y iPhone).</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>● La facturación para el primer año será de acuerdo a los consumos energéticos mes a mes, más una tarifa fija por los servicios ofrecidos. A partir del segundo año, la facturación será por períodos mensuales e iguales durante todo el año. Estos se fijarán en base a los costos mensuales promedio del año anterior.</li> </ul>
<b>Canales utilizados</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Red de distribución subterránea.</li> <li>● Aplicación móvil para teléfonos inteligentes que informa sobre el consumo en tiempo real.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Red de distribución subterránea.</li> <li>● Aplicación móvil para teléfonos inteligentes que informa el consumo en tiempo real.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Red de distribución subterránea.</li> <li>● Aplicación móvil para teléfonos inteligentes que informa el consumo en tiempo real.</li> <li>● Aplicación web.</li> <li>● Elementos de control y vigilancia.</li> <li>● Plan de manejo de residuos, puntos de compostaje, huertos urbanos, educación ambiental denominados en el plan de Acción Integral Sustentable</li> <li>● Pantallas conectadas a la intranet para su funcionamiento con la pantalla informativa.</li> </ul>
<b>Relación con clientes</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Directa, sin necesidad de retención o adquisición.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Directa, sin necesidad de retención o adquisición.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Directa, sin necesidad de retención o adquisición.</li> </ul>
<b>Flujos de ingresos</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Una vez finalizado el periodo contable, se facturarán los servicios de la ESCO en función de los consumos energéticos de cada empalme.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Facturas por montos iguales mes a mes por cada empalme facilitadas por la ESCO y en función del promedio en el consumo mensual del año anterior</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Facturas por montos iguales mes a mes, por cada empalme facilitado por el FM y en función del promedio en el consumo mensual del año anterior. Se adicionará el valor de los otros servicios, prorrateados por los metros cuadrados construidos por cada edificio, en formato de gasto común.</li> </ul>
<b>Recursos claves</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Todo lo referido a los costos de capital (red de distribución, calderas, medidores de tiempo real, estanques de acumulación, empalme eléctrico).</li> <li>● Suministro de biomasa.</li> <li>● Suministro de agua potable.</li> <li>● Suministro de energía eléctrica.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Todo lo referido a los costos de capital (red de distribución, calderas, medidores de tiempo real, estanques de acumulación, empalme eléctrico).</li> <li>● Suministro de biomasa.</li> <li>● Suministro de agua potable.</li> <li>● Suministro de energía eléctrica.</li> <li>● Especialista en finanzas.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Todo lo referido a los costos de capital (la red de distribución, calderas, medidores de tiempo real, estanques de acumulación, empalme eléctrico).</li> <li>● Suministro de biomasa.</li> <li>● Suministro de agua potable.</li> <li>● Suministro de energía eléctrica.</li> <li>● Personal capacitado.</li> <li>● Especialista en finanzas.</li> </ul>

<b>Actividades clave</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Producción de calefacción y ACS.</li> <li>● Venta de energía eléctrica.</li> <li>● Mantenimiento y operación de equipos.</li> <li>● Compra y logística del combustible.</li> <li>● Cobranza.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Producción de calefacción y ACS.</li> <li>● Venta de energía eléctrica.</li> <li>● Mantenimiento y operación de equipos.</li> <li>● Compra y logística del combustible.</li> <li>● Optimización de acuerdo a las oportunidades financieras para la compra del combustible anual.</li> <li>● Cobranza.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Producción de calefacción y ACS.</li> <li>● Venta de energía eléctrica.</li> <li>● Mantenimiento y operación de equipos.</li> <li>● Compra y logística del combustible.</li> <li>● Aseo y ornato.</li> <li>● Mantenimiento de edificios.</li> <li>● Manejo de residuos sólidos.</li> <li>● Capacitación en cuanto eficiencia energética y a funcionalidad de las aplicaciones e interfaz web.</li> <li>● Creación de indicadores de utilización y desempeño.</li> <li>● Optimización de acuerdo a las oportunidades financieras para compra del combustible anual.</li> <li>● Cobranza.</li> </ul>
<b>Socios Claves</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Proveedores de combustible.</li> <li>● Proveedores de medidores de tiempo real con sus App para móviles.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Proveedores de combustible.</li> <li>● Proveedores de medidores de tiempo real con sus App para móviles.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Proveedores de combustible.</li> <li>● Proveedores de medidores de tiempo real con sus App para móviles.</li> <li>● Compañías reciclaje.</li> </ul>
<b>Estructura de Costos</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Combustibles.</li> <li>● O&amp;M.</li> <li>● Administración.</li> <li>● Cobranza.</li> <li>● Seguros.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Combustibles.</li> <li>● O&amp;M.</li> <li>● Administración.</li> <li>● Cobranza.</li> <li>● Seguros.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Combustibles.</li> <li>● O&amp;M.</li> <li>● Administración.</li> <li>● Cobranza.</li> <li>● Personal y Externos.</li> <li>● Seguros.</li> </ul>

Tabla 27: Organización del sistema por una asociaciones pública – privada. Fuente: Elaboración propia

### 2.3.4 Conclusiones y selección de un Modelo de Administración

Se propone seleccionar el Modelo de Administración 3 - MA3 cuya estructura es la más integral de todas, con un claro beneficio en las relaciones con el sector público y social.

Si bien, el resultado de este análisis es cualitativo y no contempla un detalle más afinado de los riesgos y certezas del proyecto, se considerará como un elemento esencial, en la etapa de diseño del proyecto, el desarrollo de un análisis cuantitativo que deberá entregar resultados y certezas para la ejecución y operación del sistema. Por un lado se incluirá la evaluación más exhaustiva de

los detalles del modelo de administración y negocios. Por el otro lado se planteará como un pilar fundamental del trabajo por medio de los Acuerdos Voluntarios de Preinversión (AVP) de una visión unificada de este modelo más innovador. Con esto se plantea que se debe tener igual o mayor relevancia el contar con una óptima solución técnica y un modelo de negocio atractivo para incentivar el cambio de hábitos dentro del mercado y de los clientes finales.

### 2.3.5 Opciones de Modelo de Negocios

El modelo que integra la estructura de inversión, costos, operación y mantenimiento del sistema de calefacción distrital es un componente clave que asegura una correcta operación, la creación de capacidades en torno a la distribución de energía térmica limpia y generar la confianza necesaria en cuanto a operatividad y costos de operación.

En la siguiente figura se describen 2 opciones de modelos de negocios, los cuales consideran la inversión inicial de los componentes, abastecimiento de biomasa, la producción de energía térmica en la planta de biomasa, la venta de energía eléctrica al sistema, la distribución de la energía térmica por calefacción distrital y la venta de la energía térmica a los usuarios.

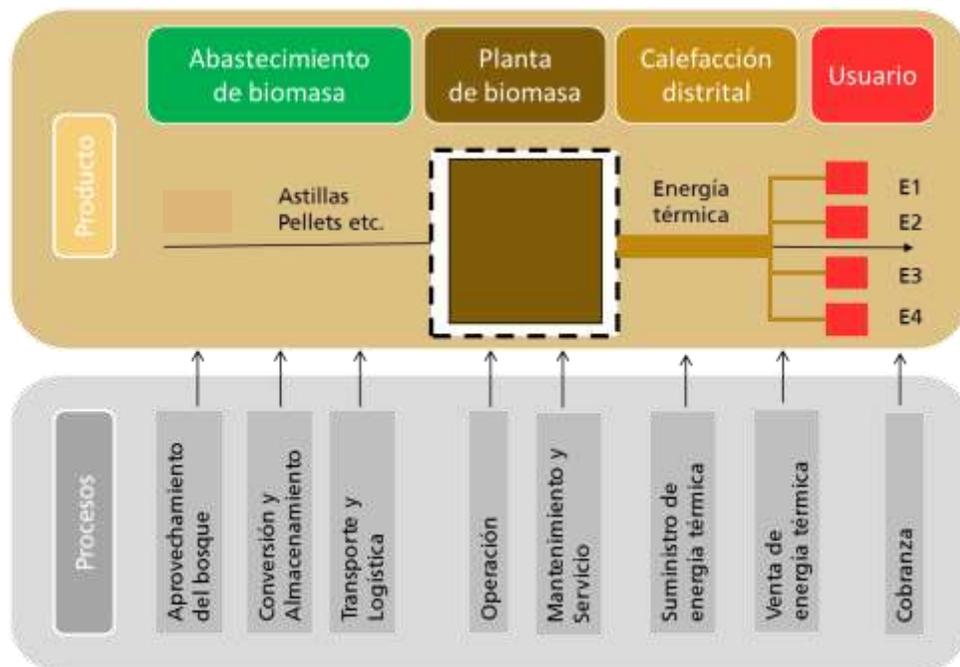


Figura 16: Cadena de la producción de energía térmica. Fuente: Elaboración propia.

El modelo de negocios es el factor clave en determinar los costos de inversión y operación de un sistema distrital. Existe un gran abanico de posibilidades que alternan el grado de involucramiento del sector público y privado. El siguiente cuadro del Manual de Energías Distritales muestra de manera simplificada 6 tipos de modelos:



Figura 17: Principales modelos de negocios con diferentes grados de involucramiento de actores del sector público y privado. Fuente: EBP, 2018

En base al interés y competencias de los actores nacionales y locales, se describen dos opciones de modelos de negocios, en las que tanto del sector público y el privado tienen participación:

### 2.3.5.1 Opción 1: Organización por Concesión.

La inversión de obras civiles, gestión con diferentes actores, inversión de calderas y trazados se hace por el sector público. Por medio de una concesión, se contrata una empresa privada que asume la responsabilidad de la gestión y operación completa de la planta.

ASPECTOS	VENTAJAS	DESVENTAJAS
<b>Económico</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Los riesgos financieros y de negocio se distribuyen en el sector pública - privada</li> <li>Opción económicamente atractiva para el sector privado (riesgos, inversión y rendimiento)</li> <li>Mayor seguridad en la inversión</li> <li>Mayor competencia entre posibles operadores, para obtener mejores precios de suministro</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>En general, el sector privado busca iniciativas de inversión con períodos de retorno menores a los que podrían obtenerse con una calefacción distrital.</li> </ul>
<b>Legal</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Asignación óptima de responsabilidades en función de las capacidades de cada actor</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Existen antecedentes de este tipo de operación en el sector público</li> </ul>

<b>Actores</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Flexibilidad en la selección de abastecimiento de biomasa.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Si existen muy pocos actores, puede perderse el estímulo a ofrecer precios más bajos.</li> </ul>
----------------	--	---

Tabla 28: Organización del sistema por una asociaciones pública – privada. Fuente: Elaboración propia.

### 2.3.5.2 Opción 2: Organización por licitación.

En esta opción, el sector público es quien invierte en obras civiles, mientras que para la implementación de la caldera, equipos, trazados, gestión, operación, comercialización y cobranza de la energía térmica y eléctrica se elabora una licitación pública. La empresa adjudicada será además responsable del abastecimiento seguro y rentable del combustible.

ASPECTOS	VENTAJAS	DESVENTAJAS
<b>Económico</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Existe fin de lucro en la operación del sistema, lo que permitiría potencialmente menores costos para usuarios finales.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>El riesgo financiero recae en el sector privado.</li> <li>El sector público posee menor capacidad para negociar precios de combustible.</li> </ul>
<b>Legal</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>El riesgo del negocio, la propiedad y utilidades son claramente reguladas por el sector privado</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Existe el marco legal para la operación de una planta de energía eléctrica</li> </ul>
<b>Actores</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Las responsabilidades se asignan a solamente una institución</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Poca competencia en la operación de plantas energéticas</li> <li>Alta dependencia por los proveedores de biomasa</li> <li>Baja aceptación de los actores claves</li> </ul>

Tabla 29: Ventajas y desventajas de la Organización del sistema por el sector público. Fuente: Elaboración propia.

El diseño del proyecto de calefacción distrital deberá proponer el modelo óptimo para asegurar la sustentabilidad del servicio, manteniendo los objetivos definidos para resolver la problemática identificada. Esto se hará por medio del trabajo en las instancias de participación temprana para crear y asegurar los contratos de suministro de energía con los diferentes actores existentes y potenciales. De la misma forma se revisarán las disposiciones normativas y legales y se detallará la cadena de suministro de energético como se verán en la evaluación del proyecto.

## 3. Evaluación del Proyecto

### 3.1 Escenarios de Costo - Beneficio

Para la evaluación social de este proyecto se utilizó la metodología general del sistema nacional de inversiones, por medio de análisis costo beneficio. Para ello se evaluaron tres modelos de inversión y negocio que se plantean a continuación, los cuales comparten los segmentos de mercado a los cuales apuntan correspondientes al ELEAM, Jardín Infantil y el resto de los edificios públicos y viviendas. En los flujos de costos se consideró la entrada secuencial de los edificios, según el programa de edificación, incluyendo, además de los costos para la caldera, los por obras civiles e infraestructura.

La propuesta del programa arquitectónico es sólo referencial a las necesidades básicas del proyecto (Sala de Máquinas, Área de acumulación, Sala de Acopio, Sala Multiuso, Oficina, SSHH) y considera una intervención de 260m<sup>2</sup>. Este programa deberá ser revisado, discutido y consensuado en el desarrollo de la metodología de participación ciudadana temprana. Se adjunta propuesta de programa arquitectónica en anexos.

**Situación Base Optimizada:** Se define que las alternativas de abatimiento de emisiones, como filtros electrostáticos o catalizadores, pueden reflejar un indicador de la evaluación si se considera su aplicación en las 90 viviendas y se acompaña por un programa de educación enfocado en la eficiencia energética y hábitos de mantenimiento de los artefactos.

**Análisis Privado:** Este escenario fue utilizado como base de comparación para el análisis. El valor presente neto, de los flujos de costos de este proyecto fue la base de comparación para el sistema distrital, es decir, el VAC del sistema de calefacción centralizado debía ser menor que el VAC de este caso. Por otra parte, se calculó el valor al cual debería ser vendida la energía térmica, sin considerar las externalidades evitadas, para que el valor presente neto de los flujos de caja, asumiendo un periodo de evaluación de 20 años y una tasa de retorno de un 12%, fuese igual a cero. Dicho de otro modo, se calculó el CNE con externalidades promedio, al cual el Estado compraría el calor si no invirtiese en el sistema de calefacción centralizada.

**Diésel CH:** Para el sistema de calefacción centralizada se evaluó una caldera a diésel y dos calderas a biomasa con diferentes montos de inversión y todas de ellas con capacidad de cogenerar energía eléctrica para la inyección y venta a través del sistema de Pequeños Medios de Generación Distribuida (PMGD) que fijan su límite en una generación de hasta 9MW. En este escenario, con calderas en base a diésel, toda la inversión se realiza al comienzo del periodo de evaluación y nuevamente el VAC se efectuó a 20 años y con una tasa de un 6%.

**Pellet:** Las calderas a pellets, acá evaluadas, tienen una inversión inicial mayor a las de Diésel CH, pero acepta únicamente pellets, que como combustible son más baratos que el diésel. En este

escenario toda la inversión se realiza al comienzo del periodo de evaluación y nuevamente el VAC se efectuó a 20 años y con una tasa de un 6%.

**Astillas + Pellet CH:** Calculado a partir de un sistema de calderas que permiten la cogeneración con montos de inversión mayores y que acepta distintos tipos, y calidades, de combustibles a partir de biomasa, entre ellos astillas y pellets.

Como conclusión de este análisis se establece que se elegirá para la primera etapa el desarrollo de un sistema de cogeneración de biomasa (astillas, pellets o desechos de madera). Para la segunda etapa, se proyecta la extensión de este sistema, instalando una o más calderas similares a la de la primera etapa.

### 3.1.1 Identificación y descripción de Costos

Al momento de evaluar la inversión, además de los costos asociados directamente con la inversión, se estipularon los costos de capital (financiamiento), seguros de la infraestructura, operación y mantenimiento, arriendo del emplazamiento físico, energía eléctrica de autoconsumo, la compra de combustible y los impuestos a las utilidades.

Para el caso de la situación base optimizada se considera la provisión de filtros electrostáticos cuya eficiencia de reducción de las emisiones de material particulado está en torno al 60% en un factor de quema de leña mínimo y un 34% en un factor de quema máximo, una vida útil de 4 años y un valor unitario de \$290.000. Además se incluyen gastos de un programa anual de educación ambiental que considera talleres de eficiencia energética y de buen uso de los equipos de abatimiento.

Al no existir un diseño actualizado de ingeniería de detalle, los valores y dimensiones sólo son aproximaciones a partir del “Estudio de Ingeniería de Detalle para Proyecto de Calefacción Distrital en el Sector Escuela Agrícola de Coyhaique” elaborado el 2016. Este estudio cuenta con claras definiciones para el sector del Lote 9, sin el desarrollo del proyecto a las viviendas del sector. De la misma forma, los costos y beneficios fueron estudiados tomando información del estudio de factibilidad técnica y económica “Rapid Assessment on District Energy – City of Coyhaique” desarrollado por Tractebel Engineering para el sector de Escuela Agrícola bajo el programa de Energía Distrital en ciudades de la ONU Ambiente.

La estructura de costos se detalla a continuación:

#### 3.1.1.1 Gastos Administrativos

Se considera todos los gastos asociados al trabajo de la unidad ejecutora en la conformación del equipo técnico, operatividad de los convenios, trámites, rendición de cuentas. Además se incluyen los servicios de movilización, impresión y publicaciones derivados de los procesos de licitación, adjudicación, contratación, sociabilización, difusión y ejecución del programa.

Los gastos administrativos, aunque cuantificados en la evaluación, serán con cargo de la unidad ejecutora dentro de los procesos de licitación de diseño, difusión en prensa local y nacional, redes sociales. El servicio de movilización se calcula basándose en que tanto la unidad técnica, formuladora y revisora se encuentran en Coyhaique. El factor a precios sociales es 1,0.

### **3.1.1.2 Consultoría**

Contratación de diseño de arquitectura y especialidades de ingeniería, tramitaciones, participación ciudadana y asistencia técnica de diseño.

**Consultoría de Diseño:** Comprende el desarrollo completo de ingeniería básica y de detalle del sistema distrital. En primer lugar incluye la revisión y análisis de antecedentes del terreno, evaluación básica de alternativas de caldera y redes, y una evaluación del modelo de administración del sistema. El desarrollo de la ingeniería de detalle comprende el diseño de arquitectura e ingenierías de detalles, presupuesto de obra detallado, especificaciones técnicas para ejecución y operación, cronograma de implementación, visitas a terreno y elaboración de perfil para ejecución para la evaluación en el Ministerio de Desarrollo Social. En todo el desarrollo de la consultoría de diseño, la consultora estará en constante relación con la facilitadora de la participación ciudadana temprana y de la contraparte técnica de la unidad ejecutora que será la Dirección de Arquitectura de la SEREMI de Obras Públicas de la región de Aysén. Para ello se está generando un convenio entre la SEREMI OP y SEREMI del Medio Ambiente para la futura transferencia de recursos y colaboración para la ejecución de este FNDR.

Se incluye en este ítem la contratación de un profesional de Asesoría a la Inspección Fiscal de Diseño que tendrá por objetivo el apoyar técnicamente el desarrollo del diseño de ingeniería básica y de detalle. Será parte del rol revisar, en distintas etapas del desarrollo del diseño, los antecedentes elaborados por la empresa para el correcto dimensionamiento, disposición y calidad de todos los componentes del sistema distrital. Además el de apoyar en tareas de participación ciudadana temprana como ente facilitador técnico, siendo un canal de información entre distintos actores civiles, públicos y privados.

**Participación Ciudadana Temprana:** Comprende el desarrollo de una metodología de participación ciudadana correspondiente a Acuerdos Voluntarios de Preinversión (AVP) y desarrollados por la Agencia de Sustentabilidad y Cambio Climático (ASCC). Para ello se está generando un convenio entre la ASCC y SEREMI del Medio Ambiente para la futura colaboración para la ejecución de este FNDR. Esta metodología incluye la contratación de un equipo de trabajo integrado por un facilitador, personal local y técnico y en continua relación con la unidad ejecutora y la consultora de diseño. El desarrollo del AVP considera la generación de antecedentes, fase de preparación, colaboración, negociación, firma para la conformación de los acuerdos entre las distintas partes antes de la implementación.

A continuación se detallan las acciones y tiempos estimados que serán parte de la Consultoría de Diseño:

Consultoría		MES	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	<b>Ingeniería Básica</b>		MES											
1.1	Revisión y análisis de antecedentes													
1.2	Evaluación de alternativas de implementación													
1.3	Evaluación de modelo de administración													
2	<b>Ingeniería de Detalle</b>													
2.1	Diseño de arquitectura e ingenierías de detalle													
2.2	Presupuesto detallado													
2.3	Especificaciones Técnicas para ejecución y operación – Modelo de administración final													
2.4	Cronograma de implementación													
2.5	Visitas a terreno													
2.6	Elaboración de perfil para ejecución en MDS													
3	<b>Participación Ciudadana (AVP)</b>													
3.1	Fase de Preparación													
3.2	Fase de Colaboración													
3.3	Fase de Negociación													

Tabla 30: Tiempos estimados de Consultoría de Diseño. Fuente: Elaboración propia.

El factor de conversión a precios sociales es 1,0. Se anexa la Guía Operativa de la participación ciudadana y los Términos de Referencia de la consultoría.

### 3.1.1.3 Adquisición de Terreno

Corresponde al valor de uso alternativo al terreno asignado por Bienes Nacionales. Se establece el costo según arriendo por superficie del terreno en \$1.000/m<sup>2</sup> al año lo que equivale a MM\$1 al año. El factor de conversión a precios sociales es 1,0.

### 3.1.1.4 Obras civiles

Valor de ejecución de obras que incluyen al menos los siguientes ítems:

**Movimiento de tierras:** acondicionamiento del terreno para recibir la obra gruesa. Incluye las acciones de cierre de perímetro, escarpe, excavaciones, retiro de exedentes, rellenos, acopio, traslados, replanteo y trazado de ejes. Debido a que esta actividad requiere de trabajo no calificado y técnico se usa un factor para mano de obra semicalificada con un factor de corrección a precios sociales de 0,68.

**Obra gruesa:** incluye las acciones de mejoramiento de suelos, construcción de fundaciones, suelos, muros y techumbres en hormigón y madera. Debido a la complejidad de las obras, que

requieren de una alta especialización de mano de obra, se calcula el factor de precio social en 0,98.

**Terminaciones:** instalación de envolvente térmica exterior y aislación hídrica, revestimientos y pavimentos, pinturas, barnices, instalación de ventanas, puertas, quincallería y artefactos. Se considera un factor equivalente al de obra gruesa: 0,98.

**Paisajismo:** preparación del terreno, plantaciones de árboles, cubresuelos, pasto y riego tecnificado. Se considera una mano de obra semicalificada con un factor de corrección a precios sociales de 0,68.

**Instalación de redes eléctricas:** incluye la instalación del empalme, tablero de distribución, protecciones de puesta a tierra, alumbrado interior y exterior, corrientes débiles y fuertes. Se calcula el factor de precio social en 0,98.

**Instalación de agua potable, sistema de aguas lluvias y alcantarillado:** se considera la provisión de arranque de agua potable, unión a red de alcantarillado, artefactos y grifería, pozos y drenes de captura e infiltración de agua lluvia. Se calcula el factor de precio social en 0,98.

**Obras complementarias:** provisión de chimeneas, rejillas, barandas, escaños y obras exteriores, instalación de señalética y medidas de seguridad. Se calcula el factor de precio social en 0,98.

Se calculará la mano de obra como el 30% del monto total de las obras civiles.

Se proyecta una inversión en el plazo de 3 años, correspondientes a la inversión de la Etapa 1A en el año 0, Etapa 1B en año 1, y Etapa 2 en año 2. Los gastos generales de construcción y tramitaciones se calculan en un 7,5% de la inversión total del sistema.

### **3.1.1.5 Central de calefacción**

Instalación y puesta en marcha del sistema de calefacción distrital, incluyendo caldera, equipos, bombas, estanques y otros elementos que son parte integral del sistema de calefacción.

Se evaluarán las siguientes alternativas de calderas: Diésel descentralizada, Diésel con cogeneración, pellet con cogeneración y caldera para astillas y pellet con cogeneración. Como ha sido descrito anteriormente, la capacidad de las calderas será de forma incremental desde los 300kW térmicos y 100 kW eléctricos, a los 1200 kW térmicos y 200kW eléctricos. Todas las alternativas de cogeneración incluyen una capacidad de inercia térmica de 24m<sup>3</sup>.

Para la inversión en la caldera se buscaron distintos presupuestos por tecnología y proveedores locales. Estos determinaron los costos por mantenimiento y operación como función de la energía producida al igual que el valor del consumo eléctrico para su funcionamiento.

Se evaluará en la etapa de diseño, la factibilidad de utilizar las calderas de calefacción ya instaladas en los edificios del ELEM y el Jardín, como parte del sistema de respaldo a las centrales distritales.

Se incluye también en esta evaluación los costos, revisión de contratos, garantías y otros costos de mantención.

#### **3.1.1.6 Redes de distribución**

**Red de distribución exterior:** Todos los costos asociados al trazado del sistema de distribución desde la sala de caldera hasta la línea oficial de los predios correspondientes a las propiedades a energizar. Este circuito será íntegramente soterrado y aislado en toda su extensión. Incluye las excavaciones y rompimientos de calzadas o aceras según correspondan. Los costos para la red de calefacción fueron cotizados por el proveedor de tuberías para redes distritales Isoplus. Incluye los permisos correspondientes al trazado por vías o aceras calculas según la designación de contratistas aprobados por SERVIU establecida en un 2,5% del total de las redes. No incluye la garantía asociada a la ejecución del mismo evaluada en un 10% de las obras.

**Red de distribución interior:** Todos los costos asociados al trazado del sistema de distribución desde la línea oficial de los predios hasta (e incluyendo) la conexión a calderas individuales en edificios a través subestaciones para calefacción y ACS y a radiadores en viviendas. La energía eléctrica por bombeo se calculó a partir de las pérdidas de carga de la red y las horas de operación.

El factor de conversión para las redes de distribución a precios sociales es 1,0.

#### **3.1.1.7 Administración**

La operación de la central se estima en \$3/kWh generados con un autoconsumo eléctrico de 10 kW eléctricos, teniendo como precio \$146/kWh según tarifa para contrato BT1 de Edelayén. Los costos fijos se estiman en \$2/kWh generado, mientras los costos variables en \$1/kWh. Estos últimos valores provienen de evaluaciones económicas para sistemas de calefacción distrital evaluados por Aguas Araucanía en Temuco. El factor de conversión a precios sociales es 1,0.

Para el cálculo del precio de compra de combustible se consideró la evaluación de precios de compra presentada en el capítulo de Oferta y se calculan ponderando los rendimientos y exigencias de combustión de cada alternativa: factor de planta, eficiencia estacional de la cogeneración y pérdidas de distribución (5% de la demanda).

Para los costos de capital se asumió un 90% de financiamiento con una tasa anual de un 10% y un periodo de 5 años. Los seguros generales se asumieron con una prima del 2,5% del monto de la inversión de la caldera según cotización hecha en MAPFRE y RSA en el 2016. No se consideran las utilidades

Se incluye también el costo estimado en el desarrollo de la Acción Integral de Sustentabilidad (AIS) evaluada en MM\$12 al año. El factor de conversión a precios sociales es 1,0 debido a la complejidad de operación y mantención del sistema acorde a los requisitos planteados.

### 3.1.1.8 Utilidades

Para el análisis social, no se considera el costo de las utilidades que la empresa ejecutante incurrirá para la ejecución de las obras ya que serán parte de la administración posterior del sistema en el caso de licitación pública.

## 3.1.2 Identificación de los beneficios

La naturaleza de los beneficios para el análisis social generado se identificó en primera y gran medida, la disminución de los costos de salud asociados a la contaminación atmosférica. En segundo plano queda la valorización de la utilización de mano de obra. Además se considera el valor social referente al arancel de los equipos importados.

En último lugar está el beneficio asociado a la venta de energía térmica y eléctrica. Se considera en esta etapa una estructura de precios de venta a distintos clientes estimada, ya que serán parte del desarrollo de la consultoría de diseño y de la llegada a acuerdos antes de la ejecución del proyecto.

### 3.1.2.1 Cuantificación de los beneficios

Para la cuantificación de los beneficios por descontaminación se utilizó la información ya descrita en la identificación de alternativas, sumando el total de emisiones de MP2,5 promedio en las 90 viviendas consideradas en el proyecto. El total de emisión es de 9.039,62 kg de MP2,5 al año. El beneficio se calculará utilizando el Análisis General del Impacto Económico y Social (AGIES) del 2017 que se elaboró para el desarrollo del Plan de Descontaminación Atmosférica por MP2,5 para Coyhaique y zonas aledañas. De la misma forma se cuantifican las emisiones de CO2 ahorradas para pasar de un sistema que utiliza combustibles fósiles como el diésel a uno de Energía Renovable como la biomasa (astillas y pellets). El cálculo se hará de acuerdo al documento de Precios Sociales Vigentes del 2018, del Ministerio de Desarrollo Social<sup>2</sup>.

La cuantificación de la mano de obra y el arancel de los equipos importados se realizaron a través de la misma metodología. Para la mano de obra, se calculó primero, la fracción de los montos de inversión, correspondían a mano de obra. Luego se midió el empleo adicional generado según su tipo de calificación: calificada, semi-calificada o no-calificada, de acuerdo a factores de corrección establecidos (0,98; 0,68 y 0,62 correspondiente). Estos son multiplicados por la valorización de los costos en mano de obra. La diferencia entre este valor y la fracción de los montos de inversión que corresponden a mano de obra, es el costo social de mano de obra.

El arancel se dejó en el 6% estipulado y se calculó sobre las inversiones en equipos importados restándoles su fracción de mano de obra. La venta de calor y electricidad se cuantificó en la unidad antes descrita de \$/kWh y este se calculará en base a un precio de tasa fija anual para edificios y viviendas.

<sup>2</sup> <http://sni.ministeriodesarrollosocial.gob.cl/download/precios-sociales-vigentes-2017/?wpdmdl=2392>

### 3.1.2.2 Valorización de los beneficios

**Emisiones de MP2,5:** La AGIES para el PDA de 2,5 para Coyhaique analiza los costos y beneficios de salud (mortalidad, admisiones hospitalarias, visitas sala de emergencias) y productividad perdida durante los días de alta concentración de contaminantes (MMA, 2017). De la misma forma evalúa el impacto en la reducción de concentraciones anuales y diarias de las medidas asociadas al Plan de Descontaminación. Haciendo la similitud de este proyecto con el recambio de la matriz de calefacción abordada por los programas de recambio de calefactores, es posible identificar el valor por cada kg de MP2,5 que dejaría de emitirse. Se establecen los siguientes criterios:

Beneficios PDA: MMUS\$ 211 en 13 años de evaluación.

Beneficios programa de recambio: MMUS\$ 72 en 13 años.

Reducción de emisiones programa de recambio: 16.031 toneladas de MP2,5 en 13 años

Beneficio reducción (US\$/ton): US\$ 4.491

Beneficio reducción (\$/kg): 3.054

Reducción de emisiones (kg) anuales	Conversión kg emitidos a kg/kWh	Precio Social del MP2,5 (\$/kg)	Precio Social del MP2,5 (\$/kWh)	Precio social beneficio por año (MM\$)
16.650	0,008	\$3.054	\$24,4/kWh	MM\$ 50,85

Tabla 31: Valorización de reducción de emisiones de MP2,5. Fuente: Elaboración propia

**Emisiones de CO2:** Se calcula en base a los siguiente indicadores presentados en la identificación de alternativas:

Reducción de emisiones (kg) anuales	Conversión kg emitidos a kg/kWh	Precio Social del CO2 (\$/kg)	Precio Social del CO2 (\$/kWh)	Precio social beneficio por año (MM\$)
367.658,2	0,28	\$19.99	\$5,60/kWh	MM\$ 7,35

Tabla 32: Valorización de reducción de emisiones de CO2. Fuente: Elaboración propia

**Mano de Obra:** Con respecto a la valorización de la mano de obra, las cotizaciones realizadas en Unifconfort, INNERSUD e ISolé para las calderas, proponen un costo en torno a un 10% del monto final de inversión. Este valor se utilizó tanto para la caldera como para la construcción de la red y se aplicó el factor de corrección de acuerdo al nivel de calificación de la mano de obra para obtener el respectivo Precio Social de la Mano de Obra. Un arancel, de un 6%, se le otorgó a la diferencia entre la inversión total y el Costo Social de Mano de Obra. Este valor representa la fracción del valor de la importación, que queda dentro del estado.

**Venta Energía Térmica:** Para la venta de calor se comparó el valor para el cual el VAN social, del proyecto descentralizado y en base a diésel, fuese 0. Para las otras alternativas se consideró una estructura de tarifas de venta térmica en torno a los \$55/kWh para viviendas (precio comparable a la leña y pellet) y los \$80/kWh para los edificios de servicio público (precio comparable al diésel). Este último precio se considerará fijo para el cálculo del Costo Nivelado de Energía (CNE) de la alternativa, en que el VAN fuese igual a 0.

**Venta Energía Eléctrica:** Para la venta de electricidad se establece el valor de \$54/kWh, establecido por la Comisión Nacional de Energía para la venta por sistemas medianos para el periodo 2018-2022.

### 3.1.3 Flujo de beneficios netos

Tanto en el análisis privado como en el social los flujos de caja se realizaron a 20 años, que corresponde a la vida útil de la caldera, pero con tasas de descuento diferentes, 12% para el privado y 6% para el social. En el caso de solo operación, el análisis se acortó a 5 años con una tasa de descuento de un 12%.

Se calcula una vida útil de 30 años para los componentes de la caldera, equipos y sala de máquinas. Se consideran 50 años para las redes de distribución de calor en base a la experiencia de sistemas distritales internacionales mencionados en el informe de Asesoría Rápida para Coyhaique de la ONU Ambiente.

## 3.2 Indicadores de evaluación económica

Se destina, dentro de la consultoría de diseño, el ajuste a precios reales del proyecto a ejecutar en las 2 etapas. Se desarrollan los indicadores a través de un presupuesto de obras y flujo de beneficios para cada alternativa y un cronograma de actividades.

Se evaluará primeramente la situación base optimizada, a continuación el análisis de inversión privada utilizando la mejor opción de calderas y cogeneración.

La alternativa 01 corresponde a calderas en base a diésel con cogeneración. La alternativa 02 evalúa calderas en base a pellet sin cogeneración. Esta alternativa fue considerada en el informe de ONU Ambiente para la evaluación de los costos de inversión y operación del sistema. En ese informe se analizó un sistema a biomasa de 5MW, con una inversión total de US\$4,8 millones, operación en torno al 3% de la inversión y con un precio de venta de US\$40/MWh.

La última alternativa analiza el sistema en base a calderas con cogeneración en base a gasificación de astillas o pellet.

### 3.2.1 Situación Base Optimizada: Filtros electrostáticos y programa de educación ambiental

ETAPA 01.A							
ítem	DESCRIPCIÓN	Un	N°	FS	PRECIO UNIT	PRECIO SOCIAL	Observación
1	Filtros electrostáticos						
1.1	Filtro de 6" e instalación	Un	90	1	\$ 290.000	\$ 26.100.000	Cada 3 años
2	Programa de Ed. Ambiental						
2.1	Consultoría de Diseño	GL	1	1	\$ 1.000.000	\$ 1.000.000	Anual
2.2	Participación Ciudadana	GL	1	1	\$ 2.000.000	\$ 2.000.000	Anual
	Gastos Generales	GL	1	1		\$ 0	
<b>TOTAL</b>						<b>\$ 29.100.000</b>	

Tablas 33: Presupuesto Situación Base Optimizada. Fuente: Elaboración propia

Situación Base Optimizada	Año 0 2020	Año 01 2021	Año 02 2022	Año 03 2023	Año 04 2024	Año 05 2025	Año 06 2026	Año 07 2027	Año 08 2028	Año 09 2029	Año 10 2030
<b>Inversiones</b>	\$ 26.100.000			\$ 26.100.000			\$ 26.100.000			\$ 26.100.000	
<b>Administración</b>											
Operación		\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0
Costos fijos		\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0
Costos variables		\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0
<b>Mantenimiento</b>											
Plan Integral		\$ 3.000.000	\$ 3.000.000	\$ 3.000.000	\$ 3.000.000	\$ 3.000.000	\$ 3.000.000	\$ 3.000.000	\$ 3.000.000	\$ 3.000.000	\$ 3.000.000
<b>Ingresos</b>											
Venta E Térmica		\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0
Venta E Eléctrica		\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0
<b>Beneficios</b>											
Reducción Emisión CO2		\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0
Reducción Emisión MP2,5		\$ 0	\$ 6.396.948	\$ 12.793.896	\$ 12.793.896	\$ 12.793.896	\$ 12.793.896	\$ 12.793.896	\$ 12.793.896	\$ 12.793.896	\$ 12.793.896
<b>Flujo de Caja para VAN</b>	-\$ 26.100.000	-\$ 3.000.000	\$ 3.396.948	-\$ 16.306.104	\$ 9.793.896	\$ 9.793.896	-\$ 16.306.104	\$ 9.793.896	\$ 9.793.896	-\$ 16.306.104	\$ 9.793.896
<b>Tasa de Descuento</b>	6%										
<b>VAN \$</b>	-\$ 19.146.541										
<b>Flujo de Caja costos</b>	-\$ 26.100.000	-\$ 3.000.000	-\$ 3.000.000	-\$ 29.100.000	-\$ 3.000.000	-\$ 3.000.000	-\$ 29.100.000	-\$ 3.000.000	-\$ 3.000.000	-\$ 29.100.000	-\$ 3.000.000
<b>VAC 6%, 20 años \$</b>	-\$ 140.827.678										
<b>TIR</b>	-1,37%		CAE	\$ 12.277.999							

	Año 11 2031	Año 12 2032	Año 13 2033	Año 14 2034	Año 15 2035	Año 16 2036	Año 17 2037	Año 18 2038	Año 19 2039	Año 20 2040
<b>Inversiones</b>		\$ 26.100.000			\$ 26.100.000			\$ 26.100.000		
<b>Administración</b>										
Operación	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0
Costos fijos	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0
Costos variables	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0
<b>Mantenimiento</b>										
Plan Integral	\$ 3.000.000	\$ 3.000.000	\$ 3.000.000	\$ 3.000.000	\$ 3.000.000	\$ 3.000.000	\$ 3.000.000	\$ 3.000.000	\$ 3.000.000	\$ 3.000.000
<b>Ingresos</b>										
Venta E Térmica	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0
Venta E Eléctrica	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0
<b>Beneficios</b>										
Reducción Emisión CO2	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0
Reducción Emisión MP2,5	\$ 12.793.896	\$ 12.793.896	\$ 12.793.896	\$ 12.793.896	\$ 12.793.896	\$ 12.793.896	\$ 12.793.896	\$ 12.793.896	\$ 12.793.896	\$ 12.793.896
<b>Flujo de Caja para VAN</b>	\$ 9.793.896	-\$ 16.306.104	\$ 9.793.896	\$ 9.793.896	-\$ 16.306.104	\$ 9.793.896	\$ 9.793.896	-\$ 16.306.104	\$ 9.793.896	\$ 9.793.896
<b>Flujo de Caja costos</b>	-\$ 3.000.000	-\$ 29.100.000	-\$ 3.000.000	-\$ 3.000.000	-\$ 29.100.000	-\$ 3.000.000	-\$ 3.000.000	-\$ 29.100.000	-\$ 3.000.000	-\$ 3.000.000

### 3.2.2 Alternativa Base. Análisis Privado con calderas a Astillas + Pellet.

ETAPA 01.A							
ítem	DESCRIPCIÓN	Un	N°	FS	PRECIO UNIT	PRECIO PRIVADO	
1	Gastos administrativos	GL	1	1			
1.1	Servicio Impresión	GL	1	1	\$ 0	\$ 0	
1.2	Fotocopias	GL	1	1	\$ 0	\$ 0	
1.3	Publicaciones	GL	1	1	\$ 0	\$ 0	
1.4	Combustible de movilización	GL	1	1	\$ 0	\$ 0	
	<b>SUBTOTAL</b>					<b>\$ 0</b>	
2	Consultoría						
2.1	Consultoría de Diseño	GL	1	1	\$ 60.650.000	\$ 60.650.000	
2.2	Participación Ciudadana	GL	1	1	\$ 32.000.000	\$ 32.000.000	
	<b>SUBTOTAL</b>					<b>\$ 92.650.000</b>	
3	Obras civiles				MO		
3.1	Movimiento de tierras	GL	1	0,68	30 %	\$ 7.361.200	
3.2	Obra gruesa	GL	1	0,98	30 %	\$ 106.661.536	
3.3	Terminaciones	GL	1	0,98	30 %	\$ 18.175.421	
3.4	Paisajismo	GL	1	0,68	30 %	\$ 4.230.250	
3.5	Instalación redes eléctrica	GL	1	0,98	30 %	\$ 13.352.320	
3.6	Instalación aguas y alcantarillado	GL	1	0,98	30 %	\$ 3.992.200	
3.7	Obras complementarias	GL	1	0,68	30 %	\$ 1.357.585	
	<b>SUBTOTAL</b>					<b>\$ 155.130.512</b>	
4	Central de calefacción						
4.1	Central térmica	GL	1	0,98	30 %	\$ 313.524.832	
4.2	Red de distribución exterior	GL	1	0,98	30 %	\$ 22.153.772	
4.3	Red de distribución interior	GL	1	0,98	30 %	\$ 5.009.993	
	<b>TOTAL ETAPA 1A</b>					<b>\$ 588.469.109</b>	
ETAPA 1.B							
5.1	Central térmica	GL	1	0,98	30 %	\$ 72.195.420	
5.2	Red de distribución exterior	GL	1	0,98	30 %	\$ 14.253.200	
	<b>TOTAL ETAPA 1B</b>					<b>\$ 86.448.620</b>	
ETAPA 2							
6.1	Central térmica	GL	1	0,98	30 %	\$ 144.390.840	
6.2	Red de distribución ext	GL	1	0,98	30 %	\$ 116.153.296	
	<b>TOTAL ETAPA 2</b>					<b>\$ 260.544.136</b>	
	<b>TOTAL DIRECTO</b>					<b>\$ 935.461.865</b>	
	Gastos Generales	GL	1	1		\$ 0	
	<b>TOTAL</b>					<b>\$ 935.461.865</b>	

Tablas 34: Presupuesto Alternativa Base. Fuente: Elaboración propia

Privado Pellet + Astillas CH	Año 0 2020	Año 01 2021	Año 02 2022	Año 03 2023	Año 04 2024	Año 05 2025	Año 06 2026	Año 07 2027	Año 08 2028	Año 09 2029	Año 10 2030
<b>Inversiones</b>	\$ 588.469.109	\$ 86.448.620	\$ 260.544.136								
<b>Administración</b>											
Operación		\$ 1.670.529	\$ 3.470.416	\$ 5.950.902	\$ 6.404.635	\$ 7.085.235	\$ 7.085.235	\$ 7.085.235	\$ 7.085.235	\$ 7.085.235	\$ 7.085.235
Costos fijos		\$ 1.113.686	\$ 2.313.610	\$ 3.967.268	\$ 4.269.757	\$ 4.723.490	\$ 4.723.490	\$ 4.723.490	\$ 4.723.490	\$ 4.723.490	\$ 4.723.490
Costos variables		\$ 556.843	\$ 1.156.805	\$ 1.983.634	\$ 2.134.878	\$ 2.361.745	\$ 2.361.745	\$ 2.361.745	\$ 2.361.745	\$ 2.361.745	\$ 2.361.745
Combustible		\$ 18.235.794	\$ 37.883.679	\$ 64.961.113	\$ 69.914.146	\$ 77.343.696	\$ 77.343.696	\$ 77.343.696	\$ 77.343.696	\$ 77.343.696	\$ 77.343.696
Electricidad		\$ 3.251.963	\$ 6.755.742	\$ 11.584.423	\$ 9.350.767	\$ 10.344.443	\$ 10.344.443	\$ 10.344.443	\$ 10.344.443	\$ 10.344.443	\$ 10.344.443
Pago préstamo		\$ 234.433.859	\$ 234.433.859	\$ 234.433.859	\$ 234.433.859	\$ 234.433.859					
<b>Mantención</b>											
Terreno		\$ 1.000.000	\$ 1.000.000	\$ 1.000.000	\$ 1.000.000	\$ 1.000.000	\$ 1.000.000	\$ 1.000.000	\$ 1.000.000	\$ 1.000.000	\$ 1.000.000
Plan Integral		\$ 12.000.000	\$ 12.000.000	\$ 12.000.000	\$ 12.000.000	\$ 12.000.000	\$ 12.000.000	\$ 12.000.000	\$ 12.000.000	\$ 12.000.000	\$ 12.000.000
Seguro		\$ 584.000	\$ 584.000	\$ 584.000	\$ 584.000	\$ 584.000	\$ 584.000	\$ 584.000	\$ 584.000	\$ 584.000	\$ 584.000
<b>Ingresos</b>											
Venta E Térmica		\$ 44.547.440	\$ 76.814.216	\$ 127.230.320	\$ 139.329.872	\$ 157.479.200	\$ 157.479.200	\$ 157.479.200	\$ 157.479.200	\$ 157.479.200	\$ 157.479.200
Venta E Eléctrica		\$ 9.522.015	\$ 9.890.684	\$ 22.613.428	\$ 18.253.210	\$ 20.192.920	\$ 20.192.920	\$ 20.192.920	\$ 20.192.920	\$ 20.192.920	\$ 20.192.920
Utilidades antes de imp.		-\$ 218.777.219	-\$ 212.893.211	-\$ 186.621.452	-\$ 182.508.961	-\$ 172.204.348	\$ 62.229.511	\$ 62.229.511	\$ 62.229.511	\$ 62.229.511	\$ 62.229.511
Dep.de equipos/impuestos		-\$ 84.281.187	-\$ 84.281.187	-\$ 84.281.187	-\$ 84.281.187	-\$ 84.281.187	-\$ 84.281.187	-\$ 84.281.187	-\$ 84.281.187	-\$ 84.281.187	-\$ 84.281.187
Flujo de Caja para VAN	-\$ 588.469.109	-\$ 827.061.464	-\$ 1.202.282.176	-\$ 857.038.753	-\$ 818.429.521	-\$ 783.403.193	-\$ 69.797.003	\$ 164.636.856	\$ 164.636.856	\$ 164.636.856	\$ 164.636.856
<b>Tasa de Retorno</b>		<b>12%</b>									
<b>VAN \$</b>	<b>-\$ 2.868.795.989</b>										
<b>Flujo de Caja costos</b>	<b>-\$ 588.469.109</b>	-\$ 359.295.294	-\$ 560.142.248	-\$ 336.465.199	-\$ 340.092.043	-\$ 349.876.468	-\$ 115.442.609	-\$ 115.442.609	-\$ 115.442.609	-\$ 115.442.609	-\$ 115.442.609
<b>VAC 6%, 20 años \$</b>	<b>-\$ 2.902.941.866</b>										
<b>TIR</b>	<b>-4,52%</b>		<b>CAE</b>	<b>\$ 388.642.316</b>							

	Año 11 2031	Año 12 2032	Año 13 2033	Año 14 2034	Año 15 2035	Año 16 2036	Año 17 2037	Año 18 2038	Año 19 2039	Año 20 2040
<b>Administración</b>										
Operación	\$ 7.085.235	\$ 7.085.235	\$ 7.085.235	\$ 7.085.235	\$ 7.085.235	\$ 7.085.235	\$ 7.085.235	\$ 7.085.235	\$ 7.085.235	\$ 7.085.235
Costos fijos	\$ 4.723.490	\$ 4.723.490	\$ 4.723.490	\$ 4.723.490	\$ 4.723.490	\$ 4.723.490	\$ 4.723.490	\$ 4.723.490	\$ 4.723.490	\$ 4.723.490
Costos variables	\$ 2.361.745	\$ 2.361.745	\$ 2.361.745	\$ 2.361.745	\$ 2.361.745	\$ 2.361.745	\$ 2.361.745	\$ 2.361.745	\$ 2.361.745	\$ 2.361.745
Combustible	\$ 77.343.696	\$ 77.343.696	\$ 77.343.696	\$ 77.343.696	\$ 77.343.696	\$ 77.343.696	\$ 77.343.696	\$ 77.343.696	\$ 77.343.696	\$ 77.343.696
Electricidad	\$ 10.344.443	\$ 10.344.443	\$ 10.344.443	\$ 10.344.443	\$ 10.344.443	\$ 10.344.443	\$ 10.344.443	\$ 10.344.443	\$ 10.344.443	\$ 10.344.443
Pago préstamo										
<b>Mantención</b>										
Terreno	\$ 1.000.000	\$ 1.000.000	\$ 1.000.000	\$ 1.000.000	\$ 1.000.000	\$ 1.000.000	\$ 1.000.000	\$ 1.000.000	\$ 1.000.000	\$ 1.000.000
Plan Integral	\$ 12.000.000	\$ 12.000.000	\$ 12.000.000	\$ 12.000.000	\$ 12.000.000	\$ 12.000.000	\$ 12.000.000	\$ 12.000.000	\$ 12.000.000	\$ 12.000.000
Seguro	\$ 584.000	\$ 584.000	\$ 584.000	\$ 584.000	\$ 584.000	\$ 584.000	\$ 584.000	\$ 584.000	\$ 584.000	\$ 584.000
<b>Ingresos</b>										
Venta E Térmica	\$ 157.479.200	\$ 157.479.200	\$ 157.479.200	\$ 157.479.200	\$ 157.479.200	\$ 157.479.200	\$ 157.479.200	\$ 157.479.200	\$ 157.479.200	\$ 157.479.200
Venta E Eléctrica	\$ 20.192.920	\$ 20.192.920	\$ 20.192.920	\$ 20.192.920	\$ 20.192.920	\$ 20.192.920	\$ 20.192.920	\$ 20.192.920	\$ 20.192.920	\$ 20.192.920
Utilidades antes de imp.	\$ 62.229.511	\$ 62.229.511	\$ 62.229.511	\$ 62.229.511	\$ 62.229.511	\$ 62.229.511	\$ 62.229.511	\$ 62.229.511	\$ 62.229.511	\$ 62.229.511
Dep.de equipos/impuestos	\$ 15.557.378	\$ 15.557.378	\$ 15.557.378	\$ 15.557.378	\$ 15.557.378	\$ 15.557.378	\$ 15.557.378	\$ 15.557.378	\$ 15.557.378	\$ 15.557.378
Flujo de Caja para VAN	\$ 248.918.043	\$ 233.360.665	\$ 233.360.665	\$ 233.360.665	\$ 233.360.665	\$ 233.360.665	\$ 233.360.665	\$ 233.360.665	\$ 233.360.665	\$ 233.360.665
<b>Flujo de Caja costos</b>	<b>-\$ 115.442.609</b>									

### 3.2.3 Alternativa 01. Diésel Cogeneración (CH)

ETAPA 01.A							
ítem	DESCRIPCIÓN	Un	N°	FS	PRECIO UNIT	PRECIO PRIVADO	PRECIO SOCIAL
1	Gastos administrativos	GL	1	1			
1.1	Servicio Impresión	GL	1	1	\$ 60.000	\$ 60.000	\$ 60.000
1.2	Inspección y viáticos	GL	1	1	\$ 2.494.000	\$ 2.494.000	\$ 2.494.000
1.3	Publicaciones	GL	1	1	\$ 465.000	\$ 465.000	\$ 465.000
1.4	Combustible de movilización	GL	1	1	\$ 166.000	\$ 166.000	\$ 166.000
	<b>SUBTOTAL</b>					<b>\$ 3.185.000</b>	<b>\$ 3.185.000</b>
2	Consultoría						
2.1	Consultoría de Diseño	GL	1	1	\$ 60.650.000	\$ 60.650.000	\$ 60.650.000
2.2	Participación Ciudadana	GL	1	1	\$ 32.000.000	\$ 32.000.000	\$ 32.000.000
	<b>SUBTOTAL</b>					<b>\$ 92.650.000</b>	<b>\$ 92.650.000</b>
3	Obras civiles				MO		
3.1	Movimiento de tierras	GL	1	0,68	30 %	\$ 7.361.200	\$ 6.654.525
3.2	Obra gruesa	GL	1	0,98	30 %	\$ 106.661.536	\$ 106.021.567
3.3	Terminaciones	GL	1	0,98	30 %	\$ 18.175.421	\$ 18.066.368
3.4	Paisajismo	GL	1	0,68	30 %	\$ 4.230.250	\$ 3.824.146
3.5	Instalación redes eléctrica	GL	1	0,98	30 %	\$ 13.352.320	\$ 13.272.206
3.6	Instalación aguas y alcantarillado	GL	1	0,98	30 %	\$ 3.992.200	\$ 3.968.247
3.7	Obras complementarias	GL	1	0,68	30 %	\$ 1.357.585	\$ 1.227.257
	<b>SUBTOTAL</b>					<b>\$ 155.130.512</b>	<b>\$ 153.034.316</b>
4	Central de calefacción						
4.1	Central térmica	GL	1	0,98	30 %	\$ 24.950.000	\$ 24.800.300
4.2	Red de distribución exterior	GL	1	0,98	30 %	\$ 22.153.772	\$ 22.020.849
4.3	Red de distribución interior	GL	1	0,98	30 %	\$ 5.009.993	\$ 4.979.933
	<b>TOTAL ETAPA 1A</b>					<b>\$ 52.113.765</b>	<b>\$ 51.801.082</b>
ETAPA 1.B							
5.1	Central térmica	GL	1	0,98	30 %	\$ 24.950.000	\$ 24.800.300
5.2	Red de distribución exterior	GL	1	0,98	30 %	\$ 14.253.200	\$ 14.167.681
	<b>TOTAL ETAPA 1B</b>					<b>\$ 39.203.200</b>	<b>\$ 38.967.981</b>
ETAPA 2							
6.1	Central térmica	GL	1	0,98	30 %	\$ 49.900.000	\$ 49.600.600
6.2	Red de distribución ext	GL	1	0,98	30 %	\$ 116.153.296	\$ 115.456.376
	<b>TOTAL ETAPA 2</b>					<b>\$ 166.053.296</b>	<b>\$ 165.056.976</b>
	<b>TOTAL DIRECTO</b>					<b>\$ 507.002.623</b>	<b>503.360.355</b>
	Gastos Generales	GL	1	1			\$ 30.664.527
	<b>TOTAL</b>						<b>\$ 534.024.882</b>

Tablas 35: Presupuesto Alternativa 01. Fuente: Elaboración propia

Pellet + Astillas CH	Año 0 2020	Año 01 2021	Año 02 2022	Año 03 2023	Año 04 2024	Año 05 2025	Año 06 2026	Año 07 2027	Año 08 2028	Año 09 2029	Año 10 2030
<b>Inversiones</b>	\$ 331.334.925	\$ 38.967.981	\$ 165.056.976								
<b>Administración</b>											
Operación		\$ 1.670.529	\$ 3.470.416	\$ 5.950.902	\$ 6.404.635	\$ 7.085.235	\$ 7.085.235	\$ 7.085.235	\$ 7.085.235	\$ 7.085.235	\$ 7.085.235
Costos fijos		\$ 1.113.686	\$ 2.313.610	\$ 3.967.268	\$ 4.269.757	\$ 4.723.490	\$ 4.723.490	\$ 4.723.490	\$ 4.723.490	\$ 4.723.490	\$ 4.723.490
Costos variables		\$ 556.843	\$ 1.156.805	\$ 1.983.634	\$ 2.134.878	\$ 2.361.745	\$ 2.361.745	\$ 2.361.745	\$ 2.361.745	\$ 2.361.745	\$ 2.361.745
Combustible		\$ 52.020.859	\$ 37.883.679	\$ 64.961.113	\$ 69.914.146	\$ 77.343.696	\$ 77.343.696	\$ 77.343.696	\$ 77.343.696	\$ 77.343.696	\$ 77.343.696
Electricidad		\$ 3.251.963	\$ 6.755.742	\$ 11.584.423	\$ 9.350.767	\$ 10.344.443	\$ 10.344.443	\$ 10.344.443	\$ 10.344.443	\$ 10.344.443	\$ 10.344.443
<b>Mantención</b>											
Terreno		\$ 1.000.000	\$ 1.000.000	\$ 1.000.000	\$ 1.000.000	\$ 1.000.000	\$ 1.000.000	\$ 1.000.000	\$ 1.000.000	\$ 1.000.000	\$ 1.000.000
Plan Integral		\$ 12.000.000	\$ 12.000.000	\$ 12.000.000	\$ 12.000.000	\$ 12.000.000	\$ 12.000.000	\$ 12.000.000	\$ 12.000.000	\$ 12.000.000	\$ 12.000.000
Seguro		\$ 584.000	\$ 584.000	\$ 584.000	\$ 584.000	\$ 584.000	\$ 584.000	\$ 584.000	\$ 584.000	\$ 584.000	\$ 584.000
<b>Ingresos</b>											
Venta E Térmica		\$ 44.547.440	\$ 76.814.216	\$ 127.230.320	\$ 139.329.872	\$ 157.479.200	\$ 157.479.200	\$ 157.479.200	\$ 157.479.200	\$ 157.479.200	\$ 157.479.200
Venta E Eléctrica		\$ 9.522.015	\$ 9.890.684	\$ 22.613.428	\$ 18.253.210	\$ 20.192.920	\$ 20.192.920	\$ 20.192.920	\$ 20.192.920	\$ 20.192.920	\$ 20.192.920
<b>Beneficios de Salud</b>											
Reducción Emisión CO2		\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0
Reducción Emisión MP2,5		\$ 0	\$ 25.331.914	\$ 50.663.828	\$ 50.663.828	\$ 50.663.828	\$ 50.663.828	\$ 50.663.828	\$ 50.663.828	\$ 50.663.828	\$ 50.663.828
Flujo de Caja para VAN	-\$ 331.334.925	-\$ 57.096.406	-\$ 188.370.695	-\$ 21.875.827	-\$ 26.939.715	-\$ 30.399.669	-\$ 30.399.669	-\$ 30.399.669	-\$ 30.399.669	-\$ 30.399.669	-\$ 30.399.669
<b>Tasa de Descuento</b>	<b>6%</b>										
<b>VAN \$</b>	<b>-\$ 736.208.209</b>										
<b>Flujo de Caja costos</b>	<b>-\$ 331.334.925</b>	-\$ 111.165.861	-\$ 300.407.509	-\$ 222.383.403	-\$ 235.186.625	-\$ 258.735.617	-\$ 258.735.617	-\$ 258.735.617	-\$ 258.735.617	-\$ 258.735.617	-\$ 258.735.617
<b>VAC 6%, 20 años \$</b>	<b>-\$ 2.917.160.596</b>										
<b>TIR</b>	<b>&lt; - 10%</b>		<b>CAE</b>	<b>\$ 254.331.354</b>							

	Año 11 2031	Año 12 2032	Año 13 2033	Año 14 2034	Año 15 2035	Año 16 2036	Año 17 2037	Año 18 2038	Año 19 2039	Año 20 2040
<b>Administración</b>									<b>Valor Residual</b>	<b>-\$ 178.053.409</b>
Operación	\$ 7.085.235	\$ 7.085.235	\$ 7.085.235	\$ 7.085.235	\$ 7.085.235	\$ 7.085.235	\$ 7.085.235	\$ 7.085.235	\$ 7.085.235	\$ 7.085.235
Costos fijos	\$ 4.723.490	\$ 4.723.490	\$ 4.723.490	\$ 4.723.490	\$ 4.723.490	\$ 4.723.490	\$ 4.723.490	\$ 4.723.490	\$ 4.723.490	\$ 4.723.490
Costos variables	\$ 2.361.745	\$ 2.361.745	\$ 2.361.745	\$ 2.361.745	\$ 2.361.745	\$ 2.361.745	\$ 2.361.745	\$ 2.361.745	\$ 2.361.745	\$ 2.361.745
Combustible	\$ 77.343.696	\$ 77.343.696	\$ 77.343.696	\$ 77.343.696	\$ 77.343.696	\$ 77.343.696	\$ 77.343.696	\$ 77.343.696	\$ 77.343.696	\$ 77.343.696
Electricidad	\$ 10.344.443	\$ 10.344.443	\$ 10.344.443	\$ 10.344.443	\$ 10.344.443	\$ 10.344.443	\$ 10.344.443	\$ 10.344.443	\$ 10.344.443	\$ 10.344.443
<b>Mantención</b>										
Terreno	\$ 1.000.000	\$ 1.000.000	\$ 1.000.000	\$ 1.000.000	\$ 1.000.000	\$ 1.000.000	\$ 1.000.000	\$ 1.000.000	\$ 1.000.000	\$ 1.000.000
Plan Integral	\$ 12.000.000	\$ 12.000.000	\$ 12.000.000	\$ 12.000.000	\$ 12.000.000	\$ 12.000.000	\$ 12.000.000	\$ 12.000.000	\$ 12.000.000	\$ 12.000.000
Seguro	\$ 584.000	\$ 584.000	\$ 584.000	\$ 584.000	\$ 584.000	\$ 584.000	\$ 584.000	\$ 584.000	\$ 584.000	\$ 584.000
<b>Ingresos</b>										
Venta E Térmica	\$ 157.479.200	\$ 157.479.200	\$ 157.479.200	\$ 157.479.200	\$ 157.479.200	\$ 157.479.200	\$ 157.479.200	\$ 157.479.200	\$ 157.479.200	\$ 157.479.200
Venta E Eléctrica	\$ 20.192.920	\$ 20.192.920	\$ 20.192.920	\$ 20.192.920	\$ 20.192.920	\$ 20.192.920	\$ 20.192.920	\$ 20.192.920	\$ 20.192.920	\$ 20.192.920
<b>Beneficios de Salud</b>										
Reducción Emisión CO2	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0
Reducción Emisión MP2,5	\$ 50.663.828	\$ 50.663.828	\$ 50.663.828	\$ 50.663.828	\$ 50.663.828	\$ 50.663.828	\$ 50.663.828	\$ 50.663.828	\$ 50.663.828	\$ 50.663.828
Flujo de Caja para VAN	-\$ 30.399.669	-\$ 30.399.669	-\$ 30.399.669	-\$ 30.399.669	-\$ 30.399.669	-\$ 30.399.669	-\$ 30.399.669	-\$ 30.399.669	-\$ 30.399.669	\$ 147.653.740
<b>Flujo de Caja costos</b>	<b>-\$ 258.735.617</b>	<b>-\$ 80.682.208</b>								

## 3.2.4 Alternativa 02. Pellet

ETAPA 01.A							
ítem	DESCRIPCIÓN	Un	N°	FS	PRECIO UNIT	PRECIO PRIVADO	PRECIO SOCIAL
1	Gastos administrativos	GL	1	1			
1.1	Servicio Impresión	GL	1	1	\$ 60.000	\$ 60.000	\$ 60.000
1.2	Inspección y viáticos	GL	1	1	\$ 2.494.000	\$ 2.494.000	\$ 2.494.000
1.3	Publicaciones	GL	1	1	\$ 465.000	\$ 465.000	\$ 465.000
1.4	Combustible de movilización	GL	1	1	\$ 166.000	\$ 166.000	\$ 166.000
	<b>SUBTOTAL</b>					<b>\$ 3.185.000</b>	<b>\$ 1.850.000</b>
2	Consultoría						
2.1	Consultoría de Diseño	GL	1	1	\$ 60.650.000	\$ 60.650.000	\$ 60.650.000
2.2	Participación Ciudadana	GL	1	1	\$ 32.000.000	\$ 32.000.000	\$ 32.000.000
	<b>SUBTOTAL</b>					<b>\$ 92.650.000</b>	<b>\$ 92.650.000</b>
3	Obras civiles				MO		
3.1	Movimiento de tierras	GL	1	0,68	30 %	\$ 7.361.200	\$ 6.654.525
3.2	Obra gruesa	GL	1	0,98	30 %	\$ 106.661.536	\$ 106.021.567
3.3	Terminaciones	GL	1	0,98	30 %	\$ 18.175.421	\$ 18.066.368
3.4	Paisajismo	GL	1	0,68	30 %	\$ 4.230.250	\$ 3.824.146
3.5	Instalación redes eléctrica	GL	1	0,98	30 %	\$ 13.352.320	\$ 13.272.206
3.6	Instalación aguas y alcantarillado	GL	1	0,98	30 %	\$ 3.992.200	\$ 3.968.247
3.7	Obras complementarias	GL	1	0,68	30 %	\$ 1.357.585	\$ 1.227.257
	<b>SUBTOTAL</b>					<b>\$ 155.130.512</b>	<b>\$ 153.034.316</b>
4	Central de calefacción						
4.1	Central térmica	GL	1	0,98	30 %	\$ 35.170.000	\$ 34.958.980
4.2	Red de distribución exterior	GL	1	0,98	30 %	\$ 22.153.772	\$ 22.020.849
4.3	Red de distribución interior	GL	1	0,98	30 %	\$ 5.009.993	\$ 4.979.933
	<b>TOTAL ETAPA 1A</b>					<b>\$ 61.333.765</b>	<b>\$ 61.959.762</b>
ETAPA 1.B							
5.1	Central térmica	GL	1	0,98	30 %	\$ 35.170.000	\$ 34.958.980
5.2	Red de distribución exterior	GL	1	0,98	30 %	\$ 14.253.200	\$ 14.167.681
	<b>TOTAL ETAPA 1B</b>					<b>\$ 49.423.200</b>	<b>\$ 49.126.661</b>
ETAPA 2							
6.1	Central térmica	GL	1	0,98	30 %	\$ 70.340.000	\$ 69.917.960
6.2	Red de distribución ext	GL	1	0,98	30 %	\$ 116.153.296	\$ 115.456.376
	<b>TOTAL ETAPA 2</b>					<b>\$ 186.493.296</b>	<b>\$ 185.374.336</b>
	<b>TOTAL DIRECTO</b>					<b>\$ 546.880.773</b>	<b>\$ 543.995.075</b>
	Gastos Generales	GL	1	1			\$ 33.712.131
	<b>TOTAL</b>						<b>\$ 577.707.206</b>

Tablas 36: Presupuesto Alternativa 02. Fuente: Elaboración propia

Pellet	Año 0 2020	Año 01 2021	Año 02 2022	Año 03 2023	Año 04 2024	Año 05 2025	Año 06 2026	Año 07 2027	Año 08 2028	Año 09 2029	Año 10 2030
<b>Inversiones</b>	\$ 344.541.209	\$ 49.126.661	\$ 185.374.336								
<b>Administración</b>											
Operación		\$ 1.670.529	\$ 3.470.416	\$ 5.950.902	\$ 6.404.635	\$ 7.085.235	\$ 7.085.235	\$ 7.085.235	\$ 7.085.235	\$ 7.085.235	\$ 7.085.235
Costos fijos		\$ 1.113.686	\$ 2.313.610	\$ 3.967.268	\$ 4.269.757	\$ 4.723.490	\$ 4.723.490	\$ 4.723.490	\$ 4.723.490	\$ 4.723.490	\$ 4.723.490
Costos variables		\$ 556.843	\$ 1.156.805	\$ 1.983.634	\$ 2.134.878	\$ 2.361.745	\$ 2.361.745	\$ 2.361.745	\$ 2.361.745	\$ 2.361.745	\$ 2.361.745
Combustible		\$ 32.563.918	\$ 67.649.427	\$ 116.001.988	\$ 124.846.690	\$ 138.113.743	\$ 138.113.743	\$ 138.113.743	\$ 138.113.743	\$ 138.113.743	\$ 138.113.743
Electricidad		\$ 3.251.963	\$ 6.755.742	\$ 11.584.423	\$ 9.350.767	\$ 10.344.443	\$ 10.344.443	\$ 10.344.443	\$ 10.344.443	\$ 10.344.443	\$ 10.344.443
<b>Mantención</b>											
Terreno		\$ 1.000.000	\$ 1.000.000	\$ 1.000.000	\$ 1.000.000	\$ 1.000.000	\$ 1.000.000	\$ 1.000.000	\$ 1.000.000	\$ 1.000.000	\$ 1.000.000
Plan Integral		\$ 12.000.000	\$ 12.000.000	\$ 12.000.000	\$ 12.000.000	\$ 12.000.000	\$ 12.000.000	\$ 12.000.000	\$ 12.000.000	\$ 12.000.000	\$ 12.000.000
Seguro		\$ 584.000	\$ 584.000	\$ 584.000	\$ 584.000	\$ 584.000	\$ 584.000	\$ 584.000	\$ 584.000	\$ 584.000	\$ 584.000
<b>Ingresos</b>											
Venta E Térmica		\$ 44.547.440	\$ 76.814.216	\$ 127.230.320	\$ 139.329.872	\$ 157.479.200	\$ 157.479.200	\$ 157.479.200	\$ 157.479.200	\$ 157.479.200	\$ 157.479.200
Venta E Eléctrica		\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0
<b>Beneficios de Salud</b>											
Reducción Emisión CO2		\$ 3.118.321	\$ 3.541.805	\$ 5.235.742	\$ 6.082.711	\$ 7.353.164	\$ 7.353.164	\$ 7.353.164	\$ 7.353.164	\$ 7.353.164	\$ 7.353.164
Reducción Emisión MP2,5		\$ 0	\$ 25.331.914	\$ 50.663.828	\$ 50.663.828	\$ 50.663.828	\$ 50.663.828	\$ 50.663.828	\$ 50.663.828	\$ 50.663.828	\$ 50.663.828
Flujo de Caja para VAN	-\$ 344.541.209	-\$ 54.201.839	-\$ 174.616.401	\$ 30.057.676	\$ 35.485.683	\$ 39.283.536	\$ 39.283.536	\$ 39.283.536	\$ 39.283.536	\$ 39.283.536	\$ 39.283.536
<b>Tasa de Descuento</b>	6%										
<b>VAN \$</b>	-\$ 116.546.491										
<b>Flujo de Caja costos</b>	-\$ 344.541.209	-\$ 101.867.600	-\$ 280.304.337	-\$ 153.072.215	-\$ 160.590.728	-\$ 176.212.656	-\$ 176.212.656	-\$ 176.212.656	-\$ 176.212.656	-\$ 176.212.656	-\$ 176.212.656
<b>VAC 6%, 20 años \$</b>	-\$ 2.166.647.564										
<b>TIR</b>	3,63%		CAE	\$ 188.898.208							

	Año 11 2031	Año 12 2032	Año 13 2033	Año 14 2034	Año 15 2035	Año 16 2036	Año 17 2037	Año 18 2038	Año 19 2039	Año 20 2040
<b>Administración</b>									<b>Valor Residual</b>	<b>-\$ 191.598.316</b>
Operación	\$ 7.085.235	\$ 7.085.235	\$ 7.085.235	\$ 7.085.235	\$ 7.085.235	\$ 7.085.235	\$ 7.085.235	\$ 7.085.235	\$ 7.085.235	\$ 7.085.235
Costos fijos	\$ 4.723.490	\$ 4.723.490	\$ 4.723.490	\$ 4.723.490	\$ 4.723.490	\$ 4.723.490	\$ 4.723.490	\$ 4.723.490	\$ 4.723.490	\$ 4.723.490
Costos variables	\$ 2.361.745	\$ 2.361.745	\$ 2.361.745	\$ 2.361.745	\$ 2.361.745	\$ 2.361.745	\$ 2.361.745	\$ 2.361.745	\$ 2.361.745	\$ 2.361.745
Combustible	\$ 138.113.743	\$ 138.113.743	\$ 138.113.743	\$ 138.113.743	\$ 138.113.743	\$ 138.113.743	\$ 138.113.743	\$ 138.113.743	\$ 138.113.743	\$ 138.113.743
Electricidad	\$ 10.344.443	\$ 10.344.443	\$ 10.344.443	\$ 10.344.443	\$ 10.344.443	\$ 10.344.443	\$ 10.344.443	\$ 10.344.443	\$ 10.344.443	\$ 10.344.443
<b>Mantención</b>										
Terreno	\$ 1.000.000	\$ 1.000.000	\$ 1.000.000	\$ 1.000.000	\$ 1.000.000	\$ 1.000.000	\$ 1.000.000	\$ 1.000.000	\$ 1.000.000	\$ 1.000.000
Plan Integral	\$ 12.000.000	\$ 12.000.000	\$ 12.000.000	\$ 12.000.000	\$ 12.000.000	\$ 12.000.000	\$ 12.000.000	\$ 12.000.000	\$ 12.000.000	\$ 12.000.000
Seguro	\$ 584.000	\$ 584.000	\$ 584.000	\$ 584.000	\$ 584.000	\$ 584.000	\$ 584.000	\$ 584.000	\$ 584.000	\$ 584.000
<b>Ingresos</b>										
Venta E Térmica	\$ 157.479.200	\$ 157.479.200	\$ 157.479.200	\$ 157.479.200	\$ 157.479.200	\$ 157.479.200	\$ 157.479.200	\$ 157.479.200	\$ 157.479.200	\$ 157.479.200
Venta E Eléctrica	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0
<b>Beneficios de Salud</b>										
Reducción Emisión CO2	\$ 7.353.164	\$ 7.353.164	\$ 7.353.164	\$ 7.353.164	\$ 7.353.164	\$ 7.353.164	\$ 7.353.164	\$ 7.353.164	\$ 7.353.164	\$ 7.353.164
Reducción Emisión MP2,5	\$ 50.663.828	\$ 50.663.828	\$ 50.663.828	\$ 50.663.828	\$ 50.663.828	\$ 50.663.828	\$ 50.663.828	\$ 50.663.828	\$ 50.663.828	\$ 50.663.828
Flujo de Caja para VAN	\$ 39.283.536	\$ 39.283.536	\$ 39.283.536	\$ 39.283.536	\$ 39.283.536	\$ 39.283.536	\$ 39.283.536	\$ 39.283.536	\$ 39.283.536	\$ 230.881.852
<b>Flujo de Caja costos</b>	-\$ 176.212.656	-\$ 176.212.656	-\$ 176.212.656	-\$ 176.212.656	-\$ 176.212.656	-\$ 176.212.656	-\$ 115.442.609	-\$ 115.442.609	-\$ 115.442.609	\$ 15.385.660

## 3.2.5 Alternativa 03. Pellet y Astillas CH.

ETAPA 01.A							
ítem	DESCRIPCIÓN	Un	N°	FS	PRECIO UNIT	PRECIO PRIVADO	PRECIO SOCIAL
1	Gastos administrativos	GL	1	1			
1.1	Servicio Impresión	GL	1	1	\$ 60.000	\$ 60.000	\$ 60.000
1.2	Inspección y viáticos	GL	1	1	\$ 2.494.000	\$ 2.494.000	\$ 2.494.000
1.3	Publicaciones	GL	1	1	\$ 465.000	\$ 465.000	\$ 465.000
1.4	Combustible de movilización	GL	1	1	\$ 166.000	\$ 166.000	\$ 166.000
	<b>SUBTOTAL</b>					<b>\$ 3.185.000</b>	<b>\$ 3.185.000</b>
2	Consultoría						
2.1	Consultoría de Diseño	GL	1	1	\$ 60.650.000	\$ 60.650.000	\$ 60.650.000
2.2	Participación Ciudadana	GL	1	1	\$ 32.000.000	\$ 32.000.000	\$ 32.000.000
	<b>SUBTOTAL</b>					<b>\$ 92.650.000</b>	<b>\$ 92.650.000</b>
3	Obras civiles				MO		
3.1	Movimiento de tierras	GL	1	0,68	30 %	\$ 7.361.200	\$ 6.654.525
3.2	Obra gruesa	GL	1	0,98	30 %	\$ 106.661.536	\$ 106.021.567
3.3	Terminaciones	GL	1	0,98	30 %	\$ 18.175.421	\$ 18.066.368
3.4	Paisajismo	GL	1	0,68	30 %	\$ 4.230.250	\$ 3.824.146
3.5	Instalación redes eléctrica	GL	1	0,98	30 %	\$ 13.352.320	\$ 13.272.206
3.6	Instalación aguas y alcantarillado	GL	1	0,98	30 %	\$ 3.992.200	\$ 3.968.247
3.7	Obras complementarias	GL	1	0,68	30 %	\$ 1.357.585	\$ 1.227.257
	<b>SUBTOTAL</b>					<b>\$ 155.130.512</b>	<b>\$ 153.034.316</b>
4	Central de calefacción						
4.1	Central térmica	GL	1	0,98	30 %	\$ 313.524.832	\$ 311.643.683
4.2	Red de distribución exterior	GL	1	0,98	30 %	\$ 22.153.772	\$ 22.020.849
4.3	Red de distribución interior	GL	1	0,98	30 %	\$ 5.009.993	\$ 4.979.933
	<b>TOTAL ETAPA 1A</b>					<b>\$ 495.819.109</b>	<b>\$ 491.678.781</b>
ETAPA 1.B							
5.1	Central térmica	GL	1	0,98	30 %	\$ 72.195.420	\$ 71.762.247
5.2	Red de distribución exterior	GL	1	0,98	30 %	\$ 14.253.200	\$ 14.167.681
	<b>TOTAL ETAPA 1B</b>					<b>\$ 86.448.620</b>	<b>\$ 85.929.928</b>
ETAPA 2							
6.1	Central térmica	GL	1	0,98	30 %	\$ 144.390.840	\$ 143.524.495
6.2	Red de distribución ext	GL	1	0,98	30 %	\$ 116.153.296	\$ 115.456.376
	<b>TOTAL ETAPA 2</b>					<b>\$ 260.544.136</b>	<b>\$ 258.980.871</b>
	<b>TOTAL DIRECTO</b>					<b>\$ 859.461.865</b>	<b>\$ 853.239.581</b>
	Gastos Generales	GL	1	1			\$ 62.744.219
	<b>TOTAL</b>						<b>\$ 915.983.800</b>

Tablas 37: Presupuesto Alternativa 03. Fuente: Elaboración propia

Pellet + Astillas CH	Año 0 2020	Año 01 2021	Año 02 2022	Año 03 2023	Año 04 2024	Año 05 2025	Año 06 2026	Año 07 2027	Año 08 2028	Año 09 2029	Año 10 2030
<b>Inversiones</b>	\$ 650.258.000	\$ 85.929.928	\$ 258.980.871								
<b>Administración</b>											
Operación		\$ 1.670.529	\$ 3.470.416	\$ 5.950.902	\$ 6.404.635	\$ 7.085.235	\$ 7.085.235	\$ 7.085.235	\$ 7.085.235	\$ 7.085.235	\$ 7.085.235
Costos fijos		\$ 1.113.686	\$ 2.313.610	\$ 3.967.268	\$ 4.269.757	\$ 4.723.490	\$ 4.723.490	\$ 4.723.490	\$ 4.723.490	\$ 4.723.490	\$ 4.723.490
Costos variables		\$ 556.843	\$ 1.156.805	\$ 1.983.634	\$ 2.134.878	\$ 2.361.745	\$ 2.361.745	\$ 2.361.745	\$ 2.361.745	\$ 2.361.745	\$ 2.361.745
Combustible		\$ 18.235.794	\$ 37.883.679	\$ 64.961.113	\$ 69.914.146	\$ 77.343.696	\$ 77.343.696	\$ 77.343.696	\$ 77.343.696	\$ 77.343.696	\$ 77.343.696
Electricidad		\$ 3.251.963	\$ 6.755.742	\$ 11.584.423	\$ 9.350.767	\$ 10.344.443	\$ 10.344.443	\$ 10.344.443	\$ 10.344.443	\$ 10.344.443	\$ 10.344.443
<b>Mantención</b>											
Terreno		\$ 1.000.000	\$ 1.000.000	\$ 1.000.000	\$ 1.000.000	\$ 1.000.000	\$ 1.000.000	\$ 1.000.000	\$ 1.000.000	\$ 1.000.000	\$ 1.000.000
Plan Integral		\$ 12.000.000	\$ 12.000.000	\$ 12.000.000	\$ 12.000.000	\$ 12.000.000	\$ 12.000.000	\$ 12.000.000	\$ 12.000.000	\$ 12.000.000	\$ 12.000.000
Seguro		\$ 584.000	\$ 584.000	\$ 584.000	\$ 584.000	\$ 584.000	\$ 584.000	\$ 584.000	\$ 584.000	\$ 584.000	\$ 584.000
<b>Ingresos</b>											
Venta E Térmica		\$ 44.547.440	\$ 76.814.216	\$ 127.230.320	\$ 139.329.872	\$ 157.479.200	\$ 157.479.200	\$ 157.479.200	\$ 157.479.200	\$ 157.479.200	\$ 157.479.200
Venta E Eléctrica		\$ 9.522.015	\$ 9.890.684	\$ 22.613.428	\$ 18.253.210	\$ 20.192.920	\$ 20.192.920	\$ 20.192.920	\$ 20.192.920	\$ 20.192.920	\$ 20.192.920
<b>Beneficios de Salud</b>											
Reducción Emisión CO2		\$ 3.118.321	\$ 3.541.805	\$ 5.235.742	\$ 6.082.711	\$ 7.353.164	\$ 7.353.164	\$ 7.353.164	\$ 7.353.164	\$ 7.353.164	\$ 7.353.164
Reducción Emisión MP2,5		\$ 0	\$ 25.331.914	\$ 50.663.828	\$ 50.663.828	\$ 50.663.828	\$ 50.663.828	\$ 50.663.828	\$ 50.663.828	\$ 50.663.828	\$ 50.663.828
Flujo de Caja para VAN	-\$ 650.258.000	-\$ 67.154.967	-\$ 208.566.504	\$ 92.405.264	\$ 108.671.437	\$ 120.246.503	\$ 120.246.503	\$ 120.246.503	\$ 120.246.503	\$ 120.246.503	\$ 120.246.503
<b>Tasa de Descuento</b>	<b>6%</b>										
<b>VAN \$</b>	<b>\$ 308.446.213</b>										
<b>Flujo de Caja costos</b>	<b>-\$ 650.258.000</b>	-\$ 124.342.744	-\$ 324.145.124	-\$ 102.031.340	-\$ 105.658.184	-\$ 115.442.609	-\$ 115.442.609	-\$ 115.442.609	-\$ 115.442.609	-\$ 115.442.609	-\$ 115.442.609
<b>VAC 6%, 20 años \$</b>	<b>-\$ 1.933.520.797</b>										
<b>TIR</b>	<b>9,33%</b>		<b>CAE</b>	<b>\$ 168.573.154</b>							

	Año 11 2031	Año 12 2032	Año 13 2033	Año 14 2034	Año 15 2035	Año 16 2036	Año 17 2037	Año 18 2038	Año 19 2039	Año 20 2040
<b>Administración</b>									<b>Valor Residual</b>	-\$ 320.629.817
Operación	\$ 7.085.235	\$ 7.085.235	\$ 7.085.235	\$ 7.085.235	\$ 7.085.235	\$ 7.085.235	\$ 7.085.235	\$ 7.085.235	\$ 7.085.235	\$ 7.085.235
Costos fijos	\$ 4.723.490	\$ 4.723.490	\$ 4.723.490	\$ 4.723.490	\$ 4.723.490	\$ 4.723.490	\$ 4.723.490	\$ 4.723.490	\$ 4.723.490	\$ 4.723.490
Costos variables	\$ 2.361.745	\$ 2.361.745	\$ 2.361.745	\$ 2.361.745	\$ 2.361.745	\$ 2.361.745	\$ 2.361.745	\$ 2.361.745	\$ 2.361.745	\$ 2.361.745
Combustible	\$ 77.343.696	\$ 77.343.696	\$ 77.343.696	\$ 77.343.696	\$ 77.343.696	\$ 77.343.696	\$ 77.343.696	\$ 77.343.696	\$ 77.343.696	\$ 77.343.696
Electricidad	\$ 10.344.443	\$ 10.344.443	\$ 10.344.443	\$ 10.344.443	\$ 10.344.443	\$ 10.344.443	\$ 10.344.443	\$ 10.344.443	\$ 10.344.443	\$ 10.344.443
<b>Mantención</b>										
Terreno	\$ 1.000.000	\$ 1.000.000	\$ 1.000.000	\$ 1.000.000	\$ 1.000.000	\$ 1.000.000	\$ 1.000.000	\$ 1.000.000	\$ 1.000.000	\$ 1.000.000
Plan Integral	\$ 12.000.000	\$ 12.000.000	\$ 12.000.000	\$ 12.000.000	\$ 12.000.000	\$ 12.000.000	\$ 12.000.000	\$ 12.000.000	\$ 12.000.000	\$ 12.000.000
Seguro	\$ 584.000	\$ 584.000	\$ 584.000	\$ 584.000	\$ 584.000	\$ 584.000	\$ 584.000	\$ 584.000	\$ 584.000	\$ 584.000
<b>Ingresos</b>										
Venta E Térmica	\$ 157.479.200	\$ 157.479.200	\$ 157.479.200	\$ 157.479.200	\$ 157.479.200	\$ 157.479.200	\$ 157.479.200	\$ 157.479.200	\$ 157.479.200	\$ 157.479.200
Venta E Eléctrica	\$ 20.192.920	\$ 20.192.920	\$ 20.192.920	\$ 20.192.920	\$ 20.192.920	\$ 20.192.920	\$ 20.192.920	\$ 20.192.920	\$ 20.192.920	\$ 20.192.920
<b>Beneficios de Salud</b>										
Reducción Emisión CO2	\$ 7.353.164	\$ 7.353.164	\$ 7.353.164	\$ 7.353.164	\$ 7.353.164	\$ 7.353.164	\$ 7.353.164	\$ 7.353.164	\$ 7.353.164	\$ 7.353.164
Reducción Emisión MP2,5	\$ 50.663.828	\$ 50.663.828	\$ 50.663.828	\$ 50.663.828	\$ 50.663.828	\$ 50.663.828	\$ 50.663.828	\$ 50.663.828	\$ 50.663.828	\$ 50.663.828
Flujo de Caja para VAN	\$ 120.246.503	\$ 120.246.503	\$ 120.246.503	\$ 120.246.503	\$ 120.246.503	\$ 120.246.503	\$ 120.246.503	\$ 120.246.503	\$ 120.246.503	\$ 440.876.320
<b>Flujo de Caja costos</b>	<b>-\$ 115.442.609</b>	<b>\$ 205.187.208</b>								

En esta alternativa se elaboró una simulación en torno al porcentaje de adopción del sistema por parte de las 90 viviendas. Se estableció un VAN=0 para comparar la relación entre el Costo Nivelado de Energía (\$/kWh) y el grado de adopción de viviendas (%). Se establece que el costo marginal, el cual es competitivo con los otros energéticos, es \$50 kWh. Esto demuestra que si un porcentaje mayor a 50% de las viviendas dejan su conexión al sistema, el precio del suministro térmico dejará de ser óptimo para el 50% restante de viviendas.

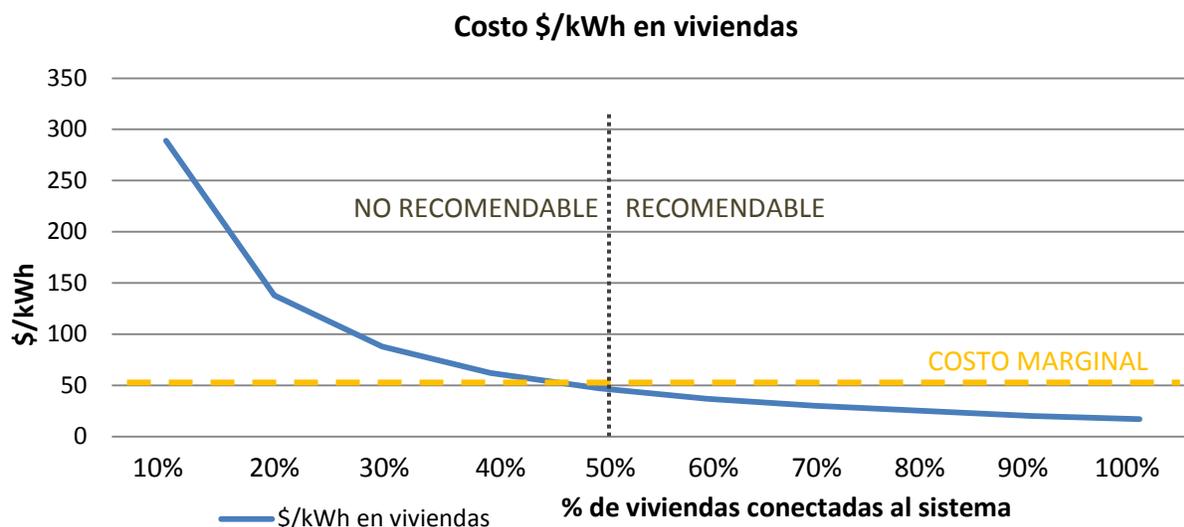


Figura 18: Relación grado de adopción del sistema con Costo Nivelado de Energía para usuarios de vivienda.  
Fuente: elaboración propia.

De la misma forma se realizó la simulación de la opción 03 incluyendo el costo de implementar las viviendas con el recambio de calefactores (precio actual de la medida por unidad recambiada equivale a MM\$1,1). La idea es poder tener un antecedente de la relación del costo de la inversión pública con los beneficios identificados en el presente informe:

Tasa de Descuento	6%
VAN	MM\$ 232,0
Flujo de Caja costos	MM\$- 731,3
VAC 6%, 20 años	MM\$- 2.009,9
TIR	8,35%
CAE	MM\$ 175,2

### 3.2.6 Cronograma Resumido de Actividades

La etapa 1.A se desarrollará según las siguientes actividades:

OBRAS CIVILES												
item	DESCRIPCIÓN	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8	M9	M10	M11
2	Contratos empresa licitante/ concesionaria y usuarios											
3	Obras civiles											
3.1	Movimiento de tierras											
3.2	Obra gruesa											
3.3	Terminaciones											
3.4	Paisajismo											
3.5	Instalación redes eléctricas											
3.6	Instalación sanitaria											
3.7	Obras complementarias											
CENTRAL DE CALEFACCIÓN												
4.1	Central térmica											
4.2	Red de distribución exterior E1A											
4.3	Red de distribución interior E1A											

Tabla 38: Cronograma Resumido de Actividades Etapa 01A. Fuente: Elaboración propia

A continuación, la etapa 1.B se desarrollará conforme a la ejecución de las redes de distribución de la Etapa 1.A. Si bien se describe la instalación de la central térmica al mismo tiempo que la Red de distribución, ésta quedará sujeta a la construcción de los edificios correspondientes a la etapa.

ETAPA 1.B												
item	DESCRIPCIÓN	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8	M9	M10	M11
4.1	Central térmica											
5.1	Red de distribución exterior E1B											

Tabla 39: Cronograma Resumido de Actividades Etapa 01B. Fuente: Elaboración propia

La etapa 2, como se ha mencionado previamente, extenderá la red hacia las viviendas y estará condicionada al mejoramiento térmico, instalación del sistema de calefacción y ACS interior y a los procesos de participación y sensibilización.

ETAPA 2											
item	DESCRIPCIÓN	M12	M13	M14	M15	M16	M17	M18	M19	M20	
6.1	Central térmica										
6.2	Red de distribución exterior										
6.3	Red de distribución interior										

Tabla 40: Cronograma Resumido de Actividades Etapa 02. Fuente: Elaboración propia

## 4. Conclusiones y Recomendaciones

El presente informe da cuenta del análisis de la problemática y la factibilidad técnica y financiera de las alternativas de solución. Primeramente se identificaron los alcances de la contaminación atmosférica en torno a la ciudad de Coyhaique y la falta actual de acceso para el suministro de la energía térmica a un costo competitivo. El proyecto de calefacción distrital en el sector Escuela responde a la problemática, al ser una pieza de infraestructura urbana que es clave para la descontaminación atmosférica del sector. Para ello, tanto los factores técnicos del proyecto como su identidad radican en la relación que va a tener la comunidad y actores relevantes en el diseño y administración del sistema.

Si bien el proyecto tiene una gran complejidad en la actualidad, especialmente desde el punto de vista normativo y de adopción del sistema, se espera que el modelo propuesto sea un referente a nivel nacional de implementación de energía distrital para ciudades con graves problemas de contaminación.

La rentabilidad del proyecto es mayor con la caldera con cogeneración que puede funcionar tanto astillas como pellet. De acuerdo a esta evaluación el precio de compra de los combustibles y el beneficio entregado por rentabilidad social son determinantes en la rentabilidad global del sistema, considerando un precio competitivo con la leña y pellet para el caso de viviendas.

Los beneficios sociales, a partir de la reducción de emisiones de MP2,5 pueden ser considerados para la gestión de recursos de los programas de acondicionamiento térmico para las viviendas.

Según el análisis costo-beneficio, se elige la opción N°3 que corresponde a un sistema con cogeneración de electricidad que permite la combustión de astillas y pellet, que presenta el mayor Valor Actual Neto (VAN) y una Tasa Interna de Retorno (TIR) mayor a la tasa de descuento.

ALTERNATIVAS	CNE en VAN=0	VAN	VAC	TdD	TIR
Situación Base Optimizada	S/I	MM \$ -19,1	MM \$ -140,8	6%	-1,37%
Evaluación Privada	S/I	MM \$ -2.868,8	MM \$ -2.903	12%	-4,52%
Opción 01. Diésel CH	\$123/kWh	MM \$ -736,2	MM \$ -2.917	6%	S/I
Opción 02. Pellet	\$60/kWh	MM \$ -116,5	MM \$ -2.166	6%	3,63%
Opción 03. Astillas / Pellet CH	\$18/kWh	MM \$ 308,4	MM \$ -1.934	6%	9,33%

Tabla 41: Resumen con los indicadores de rentabilidad para la evaluación de costo beneficio

## 5. Referencias

- AVEBIOM (2008).** Manual de combustibles de madera. *Asociación Española de Valorización Energética de la Biomasa*. Valladolid, 2008.
- BASAC (2015).** ORD. N°2243, Reglamento Lote 9 – Barrio de Servicios y Acción Ciudadana BASAC – Sector Escuela Agrícola de Coyhaique. *División de Análisis y Control de Gestión. Unidad de Proyectos, Gobierno Regional de Aysén*. Coyhaique, Agosto 2015.
- CASEN (2016).** Ampliando la mirada sobre la pobreza y la desigualdad. Diagnóstico nacional y principales resultados regionales. *Ministerio de Desarrollo Social* [en línea]. Se encuentra en: [http://observatorio.ministeriodesarrollosocial.gob.cl/casen-multidimensional/casen/docs/CASEN\\_2015\\_Presentacion\\_con\\_resultados\\_regionales\\_Ampliando\\_la\\_mirada\\_sobre\\_la\\_pobreza\\_y\\_la\\_desigualdad.pdf](http://observatorio.ministeriodesarrollosocial.gob.cl/casen-multidimensional/casen/docs/CASEN_2015_Presentacion_con_resultados_regionales_Ampliando_la_mirada_sobre_la_pobreza_y_la_desigualdad.pdf) [Visualizado el 20.01.18].
- DICTUC (2018).** Evaluación de los programas de recambios realizados en la zona saturada de Coyhaique. *SEREMI del Medio Ambiente, Región de Aysén* [en línea]. Se encuentra en: <http://airecoyhaique.cl/wp-content/uploads/2018/11/Informe-Evaluacion-Programas-Recambio-2018.pdf> [Visualizado el 02.10.18].
- EBP (2017).** Estrategias Energéticas Locales: Comuna Energética Coyhaique. *Municipalidad de Coyhaique* [en línea]. Se encuentra en: <http://www.minenergia.cl/comunaenergetica/wp-content/uploads/2017/03/Libro-Coyhaique.pdf> [Visualizado el 08.10.18].
- EBP (2018).** Manual de Desarrollo de Proyectos de Energía Distrital. *Ministerio de Energía, Ministerio del Medio Ambiente* [en línea]. Se encuentra en: <http://www.minenergia.cl/comunaenergetica/wp-content/uploads/2017/03/Libro-Coyhaique.pdf> [Visualizado el 08.10.18].
- EMEP/EEA (2013).** Air pollutant emission inventory guidebook 2013. Technical guidance to prepare national emission inventories. *European Environment Agency* [en línea]. Se encuentra en: <https://www.eea.europa.eu/publications/emep-eea-guidebook-2013/download> [Visualizado el 22.01.18].
- Energía (2017).** Anteproyecto de Política Energética para la Región de Aysén al 2050. *Secretaría Ministerial de Energía, Aysén* [en línea]. Se encuentra en: [http://www.minenergia.cl/archivos\\_bajar/2017/eae/ayesen/anteproyecto.pdf](http://www.minenergia.cl/archivos_bajar/2017/eae/ayesen/anteproyecto.pdf). [Visualizado el 22.01.18]
- Energía (2018).** Ruta Energética 2018, Liderando la modernización con sello ciudadano. *Ministerio de Energía* [en línea]. Se encuentra en: <http://www.energia.gob.cl/rutaenergetica2018-2022.pdf>. [Visualizado el 08.10.18]

**Extranjería (2016).** Estadísticas migratorias. *Departamento de Extranjería y Migración* [en línea]. Se encuentra en: <http://www.extranjeria.gob.cl/estadisticas-migratorias/> [Visualizado el 22.01.18].

**GORE (2017).** Construcción urbanización Lote 9 – BASAC, Sector Escuela Agrícola Coyhaique (Código BIP 30454323-0). *Unidad de Proyectos, División de Análisis y Control de Gestión, Gobierno Regional de Aysén, Coyhaique, Chile.*

**INE (2018).** Comunas: Población estimada al 30 de junio por sexo y edad simple 2002-2020. Base de datos. Instituto Nacional de Estadística [en línea]. Se encuentra en: <http://www.ine.cl/estadisticas/demograficas-y-vitales>. [Visualizado el 19.01.18]

**MINVU (2018).** Estándares de Construcción Sustentable para viviendas de Chile, Tomo II: Energía. Ministerio de Vivienda y Urbanismo - DITEC [en línea]. Se encuentra en: <http://csustentable.minvu.gob.cl/wp-content/uploads/2018/09/ESTANDARES-DE-CONSTRUCCION-SUSTENTABLE-PARA-VIVIENDAS-DE-CHILE-TOMO-II-ENERGIA.pdf>. [Visualizado el 08.10.18]

**MMA (2016).** Informe del Estado del Medio Ambiente 2016. Ministerio del Medio Ambiente [en línea] pp 140-179, se encuentra en: <http://sinia.mma.gob.cl/wp-content/uploads/2017/08/IEMA2016.pdf> [Visualizado el 04.04.18]

**MMA (2017).** Actualización de Inventario de Emisiones para la Zona Saturada de Coyhaique 2017 [en línea]. Se encuentra en: [http://planesynormas.mma.gob.cl/archivos/2017/proyectos/Folio\\_155\\_a\\_164.pdf](http://planesynormas.mma.gob.cl/archivos/2017/proyectos/Folio_155_a_164.pdf). [Visualizado el 10.02.18]

**Ortegón, Pacheco y Roura (2005).** Metodología general de identificación, preparación y evaluación de proyectos de inversión pública. UN.CEPAL.ILPES, Serie Manuales – CEPAL N°39. Santiago, Chile.

**PDA (2016).** Plan de Descontaminación Atmosférica por MP10 para Coyhaique y su zona circundante [en línea]. Se encuentra en: <http://portal.mma.gob.cl/wp-content/uploads/2017/01/Plan-de-Descontaminacion-Atmosferica-por-MP10-para-Coyhaique-y-su-zona-circundante.pdf>. [Visualizado el 10.01.18]

**PEDZE (2014).** Plan Especial de Desarrollo de Zonas Extremas, Región de Aysén. Gobierno Regional de Aysén [en línea]. Se encuentra en: [http://www.goreaysen.cl/controls/neochannels/neo\\_ch237/appinstances/media1423/PEDZE\\_FIN\\_AL\\_25AGO14.pdf](http://www.goreaysen.cl/controls/neochannels/neo_ch237/appinstances/media1423/PEDZE_FIN_AL_25AGO14.pdf). [Visualizado el 22.01.18]

**PLADECO (2013).** Plan de Desarrollo Comunal de Coyhaique 2014-2018. Ilustre Municipalidad de Coyhaique [en línea] se encuentra en: [http://www.coyhaique.cl/portalmunicipalidad/files/pladeco20142018/DIAGNOSTICO\\_PLADECO.pdf](http://www.coyhaique.cl/portalmunicipalidad/files/pladeco20142018/DIAGNOSTICO_PLADECO.pdf). [Visualizado el 22.01.18]

**Rogers (2014).** Theory of Change, Methodological briefs and impact evaluation. *UNICEF* [en línea] se encuentra en:

[https://www.entwicklung.at/fileadmin/user\\_upload/Dokumente/Evaluierung/Theory\\_of\\_Change/UNICEF\\_Theory\\_of\\_change.pdf](https://www.entwicklung.at/fileadmin/user_upload/Dokumente/Evaluierung/Theory_of_Change/UNICEF_Theory_of_change.pdf). [Visualizado el 31.03.18]

**SUBDERE (2012).** Política Regional de Localidades Aisladas, Región de Aysén. División de Planificación y Desarrollo Regional. Gobierno Regional de Aysén – SUBDERE, [en línea] Se encuentra en:

[http://www.subdere.gov.cl/sites/default/files/documentos/politica\\_localidadesaisladas\\_aysen.pdf](http://www.subdere.gov.cl/sites/default/files/documentos/politica_localidadesaisladas_aysen.pdf). [Visualizado el 11.01.18].

**UE (2007).** Comisión por la que se establecen directrices para el seguimiento y la notificación de las emisiones de gases de efecto invernadero de conformidad con la Directiva 2003/87/CE del Parlamento Europeo y del Consejo. *Diario Oficial de la Unión Europea* [en línea] Se encuentra en: <https://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2007:229:0001:0085:ES:PDF> [Visualizado el 27.01.19].

**UDT (2013).** Evaluación de soluciones tecnológicas térmicas y eléctricas, marco regulatorio e instrumentos, Calefacción distrital con biomasa en Chile: Evaluación del potencial de reducción de emisiones en Osorno. *Unidad de Desarrollo Tecnológico*, Coronel, Chile [en línea] Se encuentra en: <http://portal.mma.gob.cl/wp-content/uploads/2014/08/7.-Reduccion-de-emisiones-Osorno.pdf>. [Visualizado el 11.01.18].

**WHO (2016).** World Health Organization Ambient (outdoor) air pollution database, by country and city. [en línea] Se encuentra en:

[http://www.who.int/entity/phe/health\\_topics/outdoorair/databases/WHO\\_AAP\\_database\\_May2016\\_v3web.xlsx?ua=1](http://www.who.int/entity/phe/health_topics/outdoorair/databases/WHO_AAP_database_May2016_v3web.xlsx?ua=1). [Visualizado el 08.01.18]

## 6. Anexos

### **Lista de Anexos:**

Anexo 01: Detalle de cálculo de demandas.

Anexo 02: Presupuesto detallado Alternativa 03.

Anexo 03: Resolución N°392 del 12 de Mayo de 2015. Asignación de Terreno.

Anexo 04: Resolución N°005 del 07 de Enero 2019. Pertinencia de SEA.

Anexo 05: Ord. N° 2243 del 18 de Agosto. Reglamento Lote 9.

Anexo 06: Estudio de Mecánica de Suelos en Lote 9. 09.03.2016.

Anexo 07: Términos de Referencia para elaboración de diseño.

Anexo 08: Guía Operativa de metodología de participación temprana AVP.

Anexo 09: Programa arquitectónico esquemático.