



consultoría energética . proyectos . software . I+D+i

Evaluaciones rápidas de energía distrital.

## 18P011.0.26 Informe Final

Versión 3.0



Santiago, a 10 de marzo de 2019



# DISTRICT ENERGY IN CITIES INITIATIVE





Este proyecto ha sido realizado por AIGUASOL y VaAr entre el 20 de agosto de 2018 y el 11 de marzo de 2019 con la participación de:

Cristina Acuña, Manuel Ramírez, Aleksandar Ivancic, Daniel Vargas, Ximena Yáñez, Catalina Bravo, Alfredo González, Yanara Luz Tranamil, Claudia Ortiz, Sofía Soto, Nicolás Pintor, Paula Pino y Daniel González i Castellví,

con el apoyo de todos los actores y contrapartes y la inestimable colaboración en terreno del equipo de la SEREMI de Medio Ambiente de Bío Bío.

Santiago, marzo de 2019



# Contenido

|                                                              |           |
|--------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>1. ANTECEDENTES</b>                                       | <b>15</b> |
| <b>2. PRESENTACIÓN Y CONCLUSIONES</b>                        | <b>17</b> |
| <b>3. CARACTERIZACIÓN GENERAL DE LAS COMUNAS</b>             | <b>18</b> |
| <b>3.1. TALCAHUANO</b>                                       | <b>18</b> |
| 3.1.1. CARACTERÍSTICAS GEOGRÁFICAS                           | 18        |
| 3.1.2. DESCRIPCIÓN URBANÍSTICA                               | 18        |
| 3.1.3. DESCRIPCIÓN DE ZONAS Y ACTIVIDADES                    | 19        |
| 3.1.3.1. Zonas Industriales                                  | 21        |
| 3.1.3.2. Zonas Residenciales                                 | 21        |
| 3.1.3.3. Zonas de Servicios                                  | 21        |
| <b>3.2. HUALPÉN</b>                                          | <b>23</b> |
| 3.2.1. CARACTERÍSTICAS GEOGRÁFICAS                           | 23        |
| 3.2.2. DESCRIPCIÓN URBANÍSTICA                               | 24        |
| 3.2.3. DESCRIPCIÓN DE ZONAS Y ACTIVIDADES                    | 24        |
| 3.2.3.1. Zonas Industriales                                  | 25        |
| 3.2.3.2. Zonas Residenciales                                 | 26        |
| 3.2.3.3. Zonas de Servicios                                  | 26        |
| <b>3.3. CORONEL</b>                                          | <b>26</b> |
| 3.3.1. CARACTERÍSTICAS GEOGRÁFICAS                           | 26        |
| 3.3.2. DESCRIPCIÓN URBANÍSTICA                               | 28        |
| 3.3.3. DESCRIPCIÓN DE ZONAS Y ACTIVIDADES                    | 28        |
| 3.3.3.1. Zonas Industriales                                  | 30        |
| 3.3.3.2. Zonas Residenciales                                 | 30        |
| 3.3.3.3. Zonas de Servicios                                  | 31        |
| <b>4. MAPA DE ACTORES RELEVANTES</b>                         | <b>32</b> |
| <b>4.1. IDENTIFICACIÓN</b>                                   | <b>32</b> |
| <b>4.2. ANÁLISIS DE ACTORES CON MAYOR PODER E INCIDENCIA</b> | <b>34</b> |
| <b>4.3. DISERTACIÓN</b>                                      | <b>35</b> |





|                                                                                    |           |
|------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>4.4. TALLER PARTICIPATIVO CON ACTORES</b>                                       | <b>36</b> |
| 4.4.1. PLANTEAMIENTO                                                               | 36        |
| 4.4.2. CONCLUSIONES Y PROPUESTAS                                                   | 37        |
| <br>                                                                               |           |
| <b><u>5. ANTEPROYECTO DE PDA PARA LAS COMUNAS DEL CONCEPCIÓN METROPOLITANO</u></b> | <b>39</b> |
| <br>                                                                               |           |
| 5.1. INTRODUCCIÓN                                                                  | 39        |
| 5.2. RESUMEN DE IMPLICACIONES                                                      | 39        |
| <br>                                                                               |           |
| <b><u>6. CARACTERIZACIÓN DE FUENTES DE CALOR RESIDUAL</u></b>                      | <b>41</b> |
| <br>                                                                               |           |
| 6.1. IDENTIFICACIÓN DE FUENTES                                                     | 41        |
| 6.2. ACTUALIZACIÓN DE INFORMACIÓN                                                  | 43        |
| 6.3. CONCLUSIONES                                                                  | 46        |
| <br>                                                                               |           |
| <b><u>7. MAPAS DE DEMANDAS Y CONTAMINANTES</u></b>                                 | <b>47</b> |
| <br>                                                                               |           |
| 7.1. RESULTADOS AGREGADOS                                                          | 47        |
| 7.2. RESULTADOS PARA TALCAHUANO                                                    | 49        |
| 7.3. RESULTADOS PARA HUALPÉN                                                       | 58        |
| 7.4. RESULTADOS PARA CORONEL                                                       | 65        |
| <br>                                                                               |           |
| <b><u>8. DEFINICIÓN DE PROYECTOS EN CADA UNA DE LAS COMUNAS</u></b>                | <b>73</b> |
| <br>                                                                               |           |
| 8.1. PROYECTO PROPUESTO PARA TALCAHUANO                                            | 73        |
| 8.1.1. GENERALIDADES                                                               | 73        |
| 8.1.2. CARACTERIZACIÓN DETALLADA DE LA DEMANDA                                     | 75        |
| 8.2. PROYECTO PROPUESTO PARA HUALPÉN                                               | 77        |
| 8.2.1. CARACTERIZACIÓN DETALLADA DE LA DEMANDA                                     | 80        |
| 8.3. PROYECTO PROPUESTO PARA CORONEL                                               | 83        |
| 8.3.1. CARACTERIZACIÓN DETALLADA DE LA DEMANDA                                     | 85        |
| <br>                                                                               |           |
| <b><u>9. DISEÑO CONCEPTUAL DE LOS SISTEMAS</u></b>                                 | <b>88</b> |
| <br>                                                                               |           |
| 9.1. DISEÑO RED DE TALCAHUANO                                                      | 88        |
| 9.1.1. DISEÑO DE LA RED                                                            | 88        |



|             |                                       |            |
|-------------|---------------------------------------|------------|
| 9.1.2.      | DISEÑO DE LOS SISTEMAS DE GENERACIÓN  | 90         |
| 9.1.3.      | ANÁLISIS URBANÍSTICO SALA DE MÁQUINAS | 92         |
| 9.1.4.      | BALANCE ENERGÉTICO Y AMBIENTAL        | 94         |
| 9.1.5.      | EVALUACIÓN DE COSTOS                  | 95         |
| <b>9.2.</b> | <b>DISEÑO DE RED DE HUALPÉN</b>       | <b>95</b>  |
| 9.2.1.      | DISEÑO DE LA RED                      | 95         |
| 9.2.2.      | DISEÑO DE LOS SISTEMAS DE GENERACIÓN  | 97         |
| 9.2.3.      | ANÁLISIS URBANÍSTICO SALA DE MÁQUINAS | 100        |
| 9.2.4.      | BALANCE ENERGÉTICO Y AMBIENTAL        | 102        |
| 9.2.5.      | EVALUACIÓN DE COSTOS                  | 103        |
| <b>9.3.</b> | <b>DISEÑO DE RED DE CORONEL</b>       | <b>104</b> |
| 9.3.1.      | DISEÑO DE LA RED                      | 104        |
| 9.3.2.      | DISEÑO DE LOS SISTEMAS DE GENERACIÓN  | 105        |
| 9.3.3.      | ANÁLISIS URBANÍSTICO SALA DE MÁQUINAS | 108        |
| 9.3.3.1.    | Descripción del predio                | 108        |
| 9.3.4.      | BALANCE ENERGÉTICO Y AMBIENTAL        | 110        |
| 9.3.5.      | EVALUACIÓN DE COSTOS                  | 111        |

---

|            |                                         |            |
|------------|-----------------------------------------|------------|
| <b>10.</b> | <b>DISEÑO DE LOS MODELOS DE NEGOCIO</b> | <b>112</b> |
|------------|-----------------------------------------|------------|

|              |                                                                       |            |
|--------------|-----------------------------------------------------------------------|------------|
| <b>10.1.</b> | <b>PLANTEAMIENTO</b>                                                  | <b>112</b> |
| <b>10.2.</b> | <b>EXPERIENCIAS INTERNACIONALES</b>                                   | <b>112</b> |
| 10.2.1.      | PLANTEAMIENTO DE MODELOS                                              | 112        |
| 10.2.1.1.    | Modelos sin concesión                                                 | 113        |
| 10.2.1.2.    | Modelos de concesión                                                  | 114        |
| 10.2.2.      | TITULARIDAD PÚBLICA VERSUS PRIVADA                                    | 114        |
| 10.2.2.1.    | Ejemplos de titularidad totalmente pública                            | 115        |
| 10.2.2.2.    | Ejemplos de titularidad totalmente privada                            | 115        |
| 10.2.2.3.    | Ejemplos de modelos mixtos                                            | 115        |
| 10.2.2.4.    | Ejemplos de empresas cooperativas                                     | 116        |
| 10.2.2.5.    | Ejemplos de modelos mixto de participación público- privado-ciudadana | 116        |
| <b>10.3.</b> | <b>MARCO LEGAL CHILENO</b>                                            | <b>117</b> |
| <b>10.4.</b> | <b>MODELOS ESTRUCTURA SOCIETARIA</b>                                  | <b>119</b> |
| 10.4.1.      | MODELO “METROGAS”                                                     | 119        |
| 10.4.2.      | MODELO “APR”                                                          | 120        |
| 10.4.3.      | MODELO PÚBLICO. “EMERES”                                              | 120        |



|              |                                                                 |            |
|--------------|-----------------------------------------------------------------|------------|
| 10.4.4.      | MODELO PPP                                                      | 121        |
| 10.4.5.      | MODELO BOT (BUILD OPERATE TRANSFER)                             | 121        |
| <b>10.5.</b> | <b>ESTRUCTURA TARIFARIA</b>                                     | <b>122</b> |
| 10.5.1.      | PLANTEAMIENTO                                                   | 122        |
| 10.5.2.      | EXPERIENCIAS INTERNACIONALES                                    | 122        |
| 10.5.2.1.    | Introducción                                                    | 122        |
| 10.5.2.2.    | Costo de derecho de conexión                                    | 123        |
| 10.5.2.3.    | Costo de capacidad                                              | 123        |
| 10.5.2.4.    | Costo de consumo de energía                                     | 123        |
| 10.5.2.5.    | Costo de caudal utilizado o relativo al salto térmico           | 124        |
| 10.5.2.6.    | Otros aspectos de sistemas tarifarios                           | 124        |
| 10.5.2.7.    | Formación de precios                                            | 125        |
| 10.5.3.      | PROPUESTA DE TARIFAS PARA LOS PROYECTOS                         | 125        |
| <b>10.6.</b> | <b>MERCADO DE EMISIONES</b>                                     | <b>127</b> |
| <b>10.7.</b> | <b>PROPUESTAS DE MODELO DE NEGOCIO POR PROYECTO</b>             | <b>128</b> |
| 10.7.1.      | TALCAHUANO                                                      | 128        |
| 10.7.2.      | HUALPÉN                                                         | 128        |
| 10.7.3.      | CORONEL                                                         | 128        |
| <b>11.</b>   | <b>IDENTIFICACIÓN DE LOS BENEFICIOS DE LA ENERGÍA DISTRITAL</b> | <b>129</b> |
| <b>12.</b>   | <b>EVALUACIÓN DE LOS PROYECTOS</b>                              | <b>131</b> |
| <b>12.1.</b> | <b>ANÁLISIS DE VIABILIDAD Y SENSIBILIDAD FINANCIERA</b>         | <b>131</b> |
| 12.1.1.      | PLANTEAMIENTO                                                   | 131        |
| 12.1.2.      | TALCAHUANO                                                      | 131        |
| 12.1.2.1.    | Sensibilidad al Uso de Biomasa                                  | 138        |
| 12.1.3.      | HUALPÉN                                                         | 142        |
| 12.1.4.      | SENSIBILIDAD AL USO DE LA BIOMASA                               | 148        |
| 12.1.5.      | CORONEL                                                         | 149        |
| <b>13.</b>   | <b>VENTAJAS Y DESVENTAJAS DE LOS PROYECTOS</b>                  | <b>152</b> |
| <b>14.</b>   | <b>RECOMENDACIONES DE ACTUACIÓN</b>                             | <b>153</b> |
| <b>14.1.</b> | <b>ACCIONES DE PLANIFICACIÓN TERRITORIAL</b>                    | <b>153</b> |



|            |                                                       |            |
|------------|-------------------------------------------------------|------------|
| 14.2.      | ACCIONES DE PLANIFICACIÓN ENERGÉTICA Y AMBIENTAL      | 153        |
| 14.3.      | ACCIONES DE POLÍTICAS PÚBLICAS                        | 154        |
| 14.4.      | ACCIONES LEGISLATIVAS                                 | 155        |
| 14.5.      | ACCIONES DE COMUNITARIAS                              | 156        |
| 14.6.      | OTRAS ACCIONES                                        | 156        |
| <u>15.</u> | <u>RECOMENDACIONES DE CONTINUIDAD DE LOS TRABAJOS</u> | <u>157</u> |



# Índice de Tablas

|                                                                                                                                         |     |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Tabla 1. Factores que tipifican la comuna, Censo 2017.....                                                                              | 19  |
| Tabla 2. Factores que tipifican la comuna, Censo 2017.....                                                                              | 24  |
| Tabla 3. Factores que tipifican la comuna, Censo 2017.....                                                                              | 28  |
| Tabla 4. Número de stakeholders por nivel de poder e interés (0 para muy bajo y 3 para muy alto)32                                      |     |
| Tabla 5. Justificación del posicionamiento de los integrantes de la categoría 3P3I.....                                                 | 34  |
| Tabla 6. Distribución de las mesas del taller con actores .....                                                                         | 37  |
| Tabla 7. Listado de Plantas identificadas en Estudio de Calor Residual UDT 2017 .....                                                   | 41  |
| Tabla 8. Actualización de datos de Plantas tomadas en consideración, respecto al Estudio de Calor Residual UDT 2017.....                | 43  |
| Tabla 9. Tabla resumen de Plantas con calor residual aprovechable .....                                                                 | 46  |
| Tabla 10. Resumen de resultados agregados para las tres comunas.....                                                                    | 47  |
| Tabla 11. Adecuación de proyectos según densidad térmica. Fuente: Manual de desarrollo de proyectos de energía distrital. EBP 2018..... | 48  |
| Tabla 12. Resultados numéricos para la comuna de Talcahuano .....                                                                       | 49  |
| Tabla 13. Leyenda de actores singulares de Talcahuano .....                                                                             | 56  |
| Tabla 14. Resultados numéricos para la comuna de Hualpén .....                                                                          | 58  |
| Tabla 15. Resultados numéricos para la comuna de Coronel .....                                                                          | 65  |
| Tabla 16. Resumen parámetros descriptivos del caso base para el proyecto de Talcahuano .....                                            | 74  |
| Tabla 17. Resumen parámetros descriptivos del caso base para el proyecto de Hualpén .....                                               | 79  |
| Tabla 18. Análisis de frecuencias de demanda de Hualpén en base a la potencia y la hora bajo potencia. Fuente: Elaboración propia.....  | 82  |
| Tabla 19. Resumen parámetros descriptivos del caso base para el proyecto de Coronel .....                                               | 84  |
| Tabla 20. Resumen de parámetros de diseño de la generación de calor en Talcahuano .....                                                 | 91  |
| Tabla 21. Comparativa energética y ambiental del caso base con el proyecto propuesto .....                                              | 94  |
| Tabla 22. Estimación de costos del conjunto del sistema distrital en Talcahuano .....                                                   | 95  |
| Tabla 23. Determinación de combinación de mínimo costo potencia-volumen .....                                                           | 98  |
| Tabla 24. Resumen de parámetros de diseño de la generación de calor en Hualpén .....                                                    | 99  |
| Tabla 25. Comparativa energética y ambiental del caso base con el proyecto propuesto .....                                              | 102 |
| Tabla 26. Estimación de costos del conjunto del sistema distrital en Hualpén .....                                                      | 103 |
| Tabla 27. Determinación de combinación de mínimo costo potencia-volumen .....                                                           | 106 |
| Tabla 28. Resumen de parámetros de diseño de la generación de calor en Coronel.....                                                     | 107 |
| Tabla 29. Comparativa energética y ambiental del caso base con el proyecto propuesto .....                                              | 110 |
| Tabla 30. Estimación de costos del conjunto del sistema distrital en Coronel .....                                                      | 111 |



|                                                                                                               |     |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Tabla 31. Tipos de modelos de Alianzas público-privadas y responsabilidades del sector público y privado..... | 117 |
| Tabla 32. Propuesta de tarifas de venta de calor .....                                                        | 126 |
| Tabla 33. Proyectos referenciales de retiro de emisiones .....                                                | 127 |
| Tabla 34. Resumen parámetros financieros proyecto Talcahuano.....                                             | 133 |
| Tabla 35. Distribución de ingresos para el proyecto de Talcahuano .....                                       | 133 |
| Tabla 36. Sensibilización individual de la TIR a variables de entrada .....                                   | 134 |
| Tabla 37. Combinaciones de variación de variables por escenarios con VAN=0 .....                              | 136 |
| Tabla 38. Combinaciones de variables por escenarios con VAN=0.....                                            | 137 |
| Tabla 39. Resumen parámetros financieros proyecto Talcahuano con Biomasa.....                                 | 139 |
| Tabla 40. Distribución de ingresos para el proyecto de Talcahuano con Biomasa .....                           | 140 |
| Tabla 41. Comparativa de presupuesto de casos de diseño con y sin biomasa para Talcahuano ...                 | 140 |
| Tabla 42. Comparativa de casos de diseño con y sin biomasa.....                                               | 141 |
| Tabla 43. Resumen parámetros financieros proyecto Hualpén sin subsidio .....                                  | 142 |
| Tabla 43. Resumen parámetros financieros proyecto Hualpén con subsidio .....                                  | 142 |
| Tabla 44. Distribución de ingresos para el proyecto de Hualpén .....                                          | 142 |
| Tabla 45. Sensibilización individual de la TIR a variables de entrada .....                                   | 145 |
| Tabla 46. Combinaciones de variación de variables por escenarios con VAN=0 .....                              | 146 |
| Tabla 47. Combinaciones de variables por escenarios con VAN=0.....                                            | 146 |
| Tabla 48. Resumen de indicadores de cálculo de impacto de Biomasa en proyecto Hualpén .....                   | 148 |
| Tabla 49. Resumen parámetros financieros proyecto Coronel sin subsidio .....                                  | 149 |
| Tabla 50. Distribución de ingresos para el proyecto de Coronel .....                                          | 151 |
| Tabla 55. Principales ventajas y desventajas de los proyectos .....                                           | 152 |



# Índice de Ilustraciones

|                                                                                                                            |    |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Ilustración 1. Mapa Geográfico Talcahuano                                                                                  | 18 |
| Ilustración 2. Mapa Urbano Talcahuano                                                                                      | 20 |
| Ilustración 3. Mapa Distritos Censales (DC) de Talcahuano                                                                  | 22 |
| Ilustración 4. Mapa Geográfico Hualpén                                                                                     | 23 |
| Ilustración 5. Mapa Urbano Hualpén                                                                                         | 25 |
| Ilustración 6. Mapa Distrito Censal Hualpén                                                                                | 26 |
| Ilustración 7. Mapa Geográfico Coronel                                                                                     | 27 |
| Ilustración 8. Mapa Distritos Censales (DC) de Coronel                                                                     | 31 |
| Ilustración 9. Mapa de actores.                                                                                            | 33 |
| Ilustración 10. Mapa general de demanda de calor Talcahuano                                                                | 51 |
| Ilustración 11. Zoom de zonas de interés de mapa de demanda de calor Talcahuano                                            | 52 |
| Ilustración 12. Imágenes orientativas de mapas de contaminantes (ver anexo de cartografía para detalle)                    | 53 |
| Ilustración 13. Zoom de zonas de interés de mapa de demanda de calor Talcahuano, con actores singulares                    | 54 |
| Ilustración 14. Zoom de zonas de interés de mapa de demanda de calor Talcahuano, con actores singulares y zonas de interés | 55 |
| Ilustración 15. Monótona de densidades de demanda para Talcahuano                                                          | 56 |
| Ilustración 16. Mapa general de demanda de calor Hualpén                                                                   | 59 |
| Ilustración 17. Zoom de zonas de interés de mapa de demanda de calor de Hualpén                                            | 60 |
| Ilustración 18. Imágenes orientativas de mapas de contaminantes (ver anexo de cartografía para detalle)                    | 61 |
| Ilustración 19. Zoom de zonas de interés de mapa de demanda de calor de Hualpén, con actores singulares                    | 62 |
| Ilustración 20. Zoom de zonas de interés de mapa de demanda de calor de Hualpén, con actores singulares y zonas de interés | 63 |
| Ilustración 21. Monótona de densidades de demanda para Hualpén                                                             | 64 |
| Ilustración 22. Mapa general de demanda de calor de Coronel                                                                | 66 |
| Ilustración 23. Zoom de zonas de interés de mapa de demanda de calor de Coronel                                            | 67 |
| Ilustración 24. Imágenes orientativas de mapas de contaminantes (ver anexo de cartografía para detalle)                    | 68 |
| Ilustración 25. Zoom de zonas de interés de mapa de demanda de calor de Coronel, con actores singulares                    | 70 |



|                                                                                                                                                                        |     |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Ilustración 26. Monótona de densidades de demanda para Coronel                                                                                                         | 71  |
| Ilustración 27. Zoom de zonas de interés de mapa de demanda de calor Coronel, con actores singulares y zonas de interés                                                | 72  |
| Ilustración 28. Visión contextual del ámbito del proyecto de Talcahuano                                                                                                | 73  |
| Ilustración 29. Visión general del ámbito del proyecto de Talcahuano                                                                                                   | 74  |
| Ilustración 30. Potencia horaria de Talcahuano en base a la demanda de calefacción, agua caliente sanitaria (ACS) y las pérdidas térmicas. Fuente: Elaboración propia. | 76  |
| Ilustración 31. Monótona de demanda de Talcahuano en base a la potencia y la hora bajo potencia. Fuente: Elaboración propia.                                           | 77  |
| Ilustración 32. Visión contextual del ámbito del proyecto de Hualpén                                                                                                   | 78  |
| Ilustración 33. Visión general del ámbito del proyecto de Hualpén                                                                                                      | 78  |
| Ilustración 34. Potencia horaria de Hualpén en base a la demanda de calefacción, agua caliente sanitaria (ACS) y las pérdidas térmicas. Fuente: Elaboración propia.    | 80  |
| Ilustración 35. Monótona de demanda de Hualpén en base a la potencia y la hora bajo potencia. Fuente: Elaboración propia.                                              | 81  |
| Ilustración 36. Visión contextual del ámbito del proyecto de Coronel                                                                                                   | 83  |
| Ilustración 37. Visión general del ámbito del proyecto de Coronel                                                                                                      | 84  |
| Ilustración 38 Potencia horaria en base a la demanda de calefacción, agua caliente sanitaria (ACS) y las pérdidas térmicas. Fuente: Elaboración propia.                | 86  |
| Ilustración 39. Monótona de demanda de Coronel en base a la potencia y la hora bajo potencia. Fuente: Elaboración propia.                                              | 87  |
| Ilustración 40 Mapa de manzanas definidas para el diseño de la red distrital en Talcahuano                                                                             | 88  |
| Ilustración 41 Diseño de red para calefacción distrital tipo árbol en Talcahuano                                                                                       | 89  |
| Ilustración 42. Balance horario de energía en el sistema de Talcahuano.                                                                                                | 91  |
| Ilustración 43. Situación predio seleccionado en el plano Regulador (destacado en círculo). Recorte PRC e intervención mapa de demandas. Equipo Redactor.              | 93  |
| Ilustración 44 Mapa de manzanas definidas para el diseño de la red distrital en Hualpén                                                                                | 96  |
| Ilustración 45 Diseño de red para calefacción distrital tipo árbol en Hualpén                                                                                          | 96  |
| Ilustración 46. Gráfico horario de funcionamiento de los sistemas de generación y acumulación                                                                          | 98  |
| Ilustración 47. Determinación de combinación de mínimo costo potencia-volumen                                                                                          | 99  |
| Ilustración 48. Situación predio seleccionado en el plano Regulador (destacado en círculo). Recorte PRC e intervención mapa de demandas. Equipo Redactor.              | 101 |
| Ilustración 49 Mapa de manzanas definidas para el diseño de la red distrital en Coronel                                                                                | 104 |
| Ilustración 50 Diseño de red para calefacción distrital tipo árbol en Coronel                                                                                          | 105 |
| Ilustración 51. Gráfico horario de funcionamiento de los sistemas de generación y acumulación                                                                          | 106 |
| Ilustración 52. Determinación de combinación de mínimo costo potencia-volumen                                                                                          | 107 |





|                                                                                                                                                           |     |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Ilustración 53. Situación predio seleccionado en el plano Regulador (destacado en círculo). Recorte PRC e intervención mapa de demandas. Equipo Redactor. | 109 |
| Ilustración 54. Distribución de CAPEX y OPEX                                                                                                              | 133 |
| Ilustración 55. Distribución de ingresos para el proyecto de Talcahuano                                                                                   | 134 |
| Ilustración 56. Sensibilización individual de la TIR a variables de entrada                                                                               | 135 |
| Ilustración 57. Tarifas requeridas para viabilidad financiera en los distintos escenarios                                                                 | 138 |
| Ilustración 58. Distribución de CAPEX y OPEX para el proyecto de Talcahuano con Biomasa                                                                   | 139 |
| Ilustración 59. Distribución de ingresos para el proyecto de Talcahuano con Blomasa                                                                       | 139 |
| Ilustración 61. Distribución de ingresos para el proyecto de Hualpén                                                                                      | 144 |
| Ilustración 60. Distribución de CAPEX y OPEX                                                                                                              | 144 |
| Ilustración 62. Sensibilización individual de la TIR a variables de entrada                                                                               | 145 |
| Ilustración 63. Tarifas requeridas para viabilidad financiera en los distintos escenarios                                                                 | 148 |
| Ilustración 64. Distribución de CAPEX y OPEX                                                                                                              | 149 |
| Ilustración 65. Distribución de ingresos para el proyecto de Coronel                                                                                      | 151 |





## 1. ANTECEDENTES

---

La calefacción, refrigeración y el agua caliente sanitaria representan el 60% de la demanda de energía en edificios en todo el mundo por lo que existe una necesidad urgente de cambiar a fuentes que sean consistentes con nuestras ambiciones globales de eficiencia energética y mitigar el cambio climático.

Los Sistemas de Energía Distrital (DES) consisten en la transferencia de energía térmica ya sea como servicios de calefacción y/o refrigeración mediante una red de tuberías que bombean agua caliente o fría desde una planta térmica hacia múltiples usuarios. Algunos sistemas solo conectan algunos edificios, mientras que otros conectan cientos de edificaciones de distintos usos en una ciudad. La Energía Distrital crea sinergias entre la producción y el suministro de calor, refrigeración, agua caliente y electricidad, la cual puede integrarse con los sistemas municipales de energía, saneamiento, tratamiento de aguas residuales, el transporte y los residuos.



# DISTRICT ENERGY IN CITIES INITIATIVE



Con la finalidad de avanzar hacia la implementación de sistemas de energía distrital en Chile, el presente estudio denominado "Evaluaciones rápidas de energía distrital para las ciudades de Hualpén, Coronel y Talcahuano" (en la VIII Región del Biobío, Chile), se enmarca en



una contribución realizada por el Ministerio de Medio Ambiente a la Iniciativa global de Energía Distrital en ciudades de ONU Medio Ambiente, en la cual nuestro país es Piloto la cual se implementa en Chile desde 2017 por parte de ONU Medio Ambiente en conjunto con el Ministerio de Energía y Ministerio del Medio Ambiente.

La Iniciativa Global de Energía Distrital en Ciudades (District Energy in Cities Initiative ) es una asociación de múltiples partes interesadas que pretende apoyar a los gobiernos locales y nacionales, en países en desarrollo y economías emergentes, a movilizar la política y el apoyo financiero necesarios para estimular la adopción de eficientes sistemas de energía distrital. La Iniciativa District Energy in Cities Initiative forma parte de la Plataforma de aceleración de la eficiencia energética global “Energía Sostenible para todos” (SE4All) y la Agenda de Desarrollo al 2030 de las Naciones Unidas para mitigar el cambio climático al desbloquear el potencial de la eficiencia energética e incorporar energías renovables.

La Iniciativa Global de Energía Distrital en Ciudades está respaldando a los gobiernos nacionales y municipales en sus esfuerzos por desarrollar, modernizar o ampliar los sistemas de energía distrital con el apoyo de los socios internacionales y el sector privado. La Iniciativa ha reunido a más de cuarenta socios (redes de ciudades, gobiernos, industria, donores, universidades y operadores) para desarrollar conocimientos y capacidades locales a través de proyectos de demostración y fortalecer los marcos de políticas locales y nacionales. Los cuatro países piloto son: Chile, China, India y Serbia; y actualmente se está replicando en Rusia, Marruecos, Bosnia y Herzegovina, Túnez, Egipto, Mongolia, Malasia, Islas Seychelles, Colombia y Argentina.



## 2. PRESENTACIÓN Y CONCLUSIONES

---

El presente informe es el informe final de las Evaluaciones Rápidas de Energía Distrital para las comunas de Talcahuano, Hualpén y Coronel. En él se incluye todo el trabajo llevado a cabo durante los 5 meses de desarrollo del proyecto estructurado en una parte central y anexos. La parte central pretende ser descriptiva y enfocada resultados e información de contexto necesaria para la comprensión del proyecto, mientras que los anexos recogen aspectos de tipo metodológico y cálculo.

La conclusión principal de este estudio es que **los proyectos de calefacción distrital para casas calefaccionadas con leña en el área de Concepción no son viables financieramente en sí mismos aun valorizando económicamente las emisiones ahorradas y utilizando fuentes de energía térmica residual**, excepto en el caso de Talcahuano, en el que la existencia del Hospital logra que el proyecto tenga una rentabilidad positiva.

Por otra parte, el proyecto de Hualpén sería sostenible con un subsidio del 39% de la inversión, 4.410MMCLP, mientras que el de Coronel es inviable dado que los costos operacionales son superiores a los ingresos asociados.

Cabe destacar que en el caso de Hualpén, el subsidio de 4.410MMCLP supone 1,8MMCLP por casa, un 28% más de lo que actualmente se invierte en recambio de calefactores, pero con un impacto mucho más elevado en cuanto a ahorro de emisiones.

Estas conclusiones se basan en el trabajo que se presenta a continuación.

Aguasol Ingeniería.

Santiago, agosto de 2019.



## 3. CARACTERIZACIÓN GENERAL DE LAS COMUNAS

---

### 3.1. TALCAHUANO

#### 3.1.1. CARACTERÍSTICAS GEOGRÁFICAS

Talcahuano es una comuna y ciudad de la zona centro-sur de Chile perteneciente a la provincia de Concepción en la región del Biobío. Talcahuano es uno de los puertos más importantes del país, y su economía está basada principalmente en la industria y la pesca.

La comuna limita al sur con Hualpén; al sudeste con Concepción y Penco; al noreste, norte y oeste con el océano Pacífico.

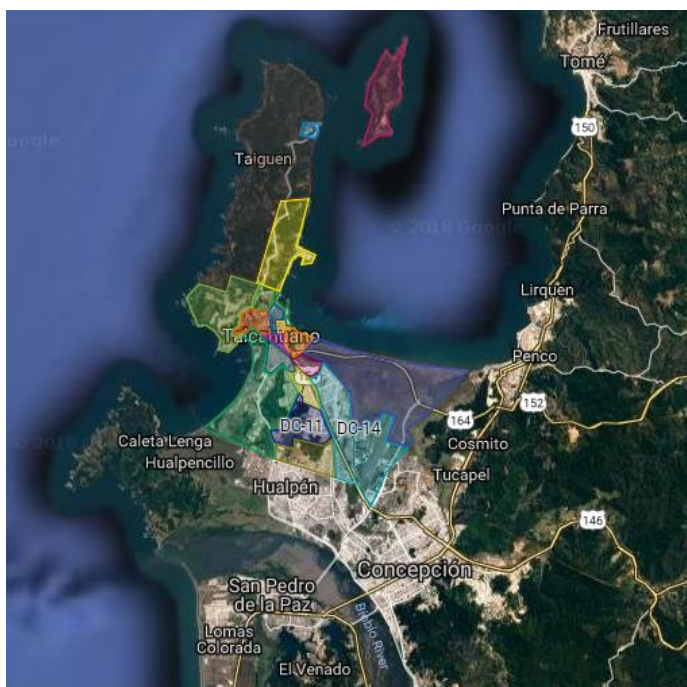


Ilustración 1. Mapa Geográfico Talcahuano

#### 3.1.2. DESCRIPCIÓN URBANÍSTICA

De acuerdo con el Censo 2017, la comuna de Talcahuano tiene una población total de 151.749 habitantes, de los cuales 72.993 son hombres, 78.756 mujeres y un total 50.599 viviendas<sup>1</sup>. En la

---

<sup>1</sup> El concepto censal de Viviendas y Hogares, establece que: (i) Vivienda, es todo aquello que se ha construido, adaptado o dispuesto para el alojamiento de personas; (ii) Hogar, si todas las personas que pasaron la noche en esa Vivienda comparten y se benefician de los gastos de



siguiente ilustración se presenta un resumen de los principales factores que tipifican la comuna, resultados del Censo 2017.

| Población                      |         | Vivienda                |      | Hogar                   |        |
|--------------------------------|---------|-------------------------|------|-------------------------|--------|
| Densidad de población          | 1624,65 | Viviendas desocupadas   | 5%   | Cantidad de hogares     | 47.473 |
| Índice de masculinidad         | 92,7    | Hacinamiento            | 6%   | Viv. con más de 1 hogar | 2%     |
| Edad promedio                  | 36,7    | Red pública de agua     | 100% | Tamaño de hogares       | 3,1    |
| Dependencia total              | 45,2    | IM Aceptable            | 86%  | Jefas de hogar          | 43%    |
| Dependencia 0 a 14 años        | 27,6    | IM Recuperable          | 13%  | Hogares p. originarios  | 13%    |
| Dependencia 65 o más años      | 17,6    | IM Irrecuperable        | 1%   | Hogares con migrantes   | 1%     |
| Pueblos originarios            | 8%      |                         |      |                         |        |
| Paridez media                  | 1,3     |                         |      |                         |        |
| Migración                      |         | Educación               |      | Empleo                  |        |
| Residentes habituales          | 150.275 | Escolaridad jefe hogar  | 11,0 | Declaran trabajar       | 51%    |
| No migrantes int. (nacimiento) | 63%     | Asistencia ed. escolar  | 95%  | Edad promedio           | 42,2   |
| No migrantes int. (5 años)     | 87%     | Asistencia a preescolar | 50%  | Mujeres                 | 42%    |
| Inmigrantes otro país          | 1%      | Asistencia a ed. media  | 72%  | Trabajan y estudian     | 9%     |
| Índice masc. migrantes         | 108,5   | Ingreso a ed. superior  | 35%  | Escolaridad             | 12,4   |
| Mig. reciente otro país        | 51%     | Ed. superior terminada  | 72%  | Sector primario         | 4%     |
| Edad media migrantes           | 31,6    | Esc. p. originarios     | 10,0 | Sector secundario       | 9%     |
| Escolaridad migrantes          | 12,3    |                         |      | Sector terciario        | 87%    |

Tabla 1. Factores que tipifican la comuna, Censo 2017.

### 3.1.3. DESCRIPCIÓN DE ZONAS Y ACTIVIDADES

El territorio de la comuna de Talcahuano se puede dividir en tres zonas, relativas al tipo de uso, (i) Zonas Industriales, (ii) Zonas residenciales y (iii) Zonas servicios.

---

alimentación, este grupo conforma un hogar. Por lo tanto, existen más viviendas que hogares, debido a que por definición pueden existir viviendas deshabitadas. Luego, la diferencia que existe entre viviendas y hogares, corresponde al porcentaje de viviendas desocupadas.

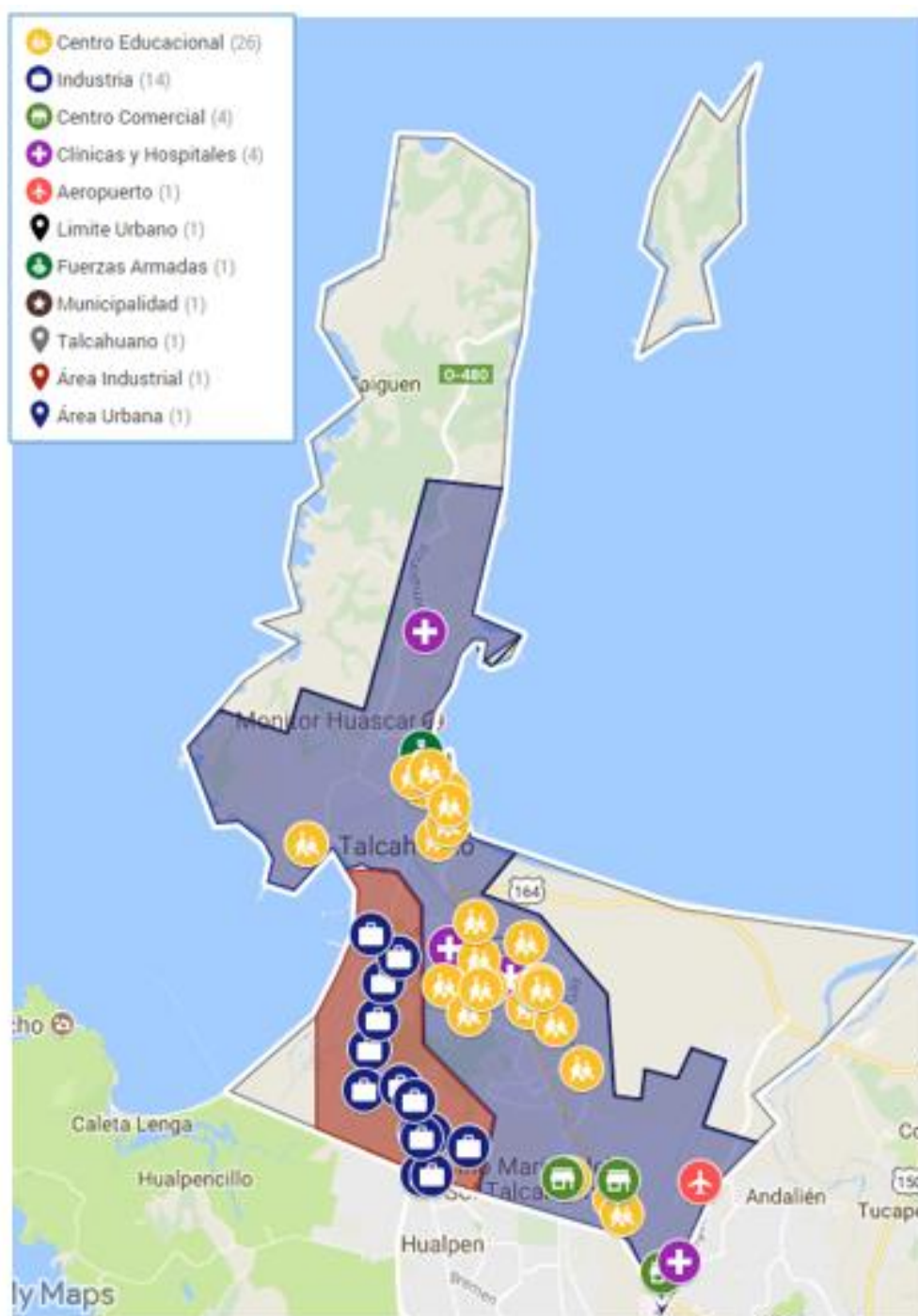


Ilustración 2. Mapa Urbano Talcahuano

A continuación, se describe cada zona.





#### 3.1.3.1. ZONAS INDUSTRIALES

Talcahuano comparte (y limita) con la comuna de Hualpén su zona industrial. La zona industrial se ubica al sur del puerto de San Vicente y al norte de la zona industrial de Hualpén. En la zona industrial se destaca la industria siderúrgica (CAP planta Huachipato), Acero (Inchalam, Moly COP, Maestranza EDYCE), Terminal Marítimo y terrestre de petróleo y derivados (ENAP y Abastible), Oleoductos, Gasoductos, Química petroquímica, de cemento (Cementos Bio-Bio), de gas licuado (Lipigas, Abastible) y gas natural (Gas Sur), Pesqueras (Blumar, y Camanchaca), entre otras. Ver mapa Urbano de Talcahuano. En esta se puede ver la ubicación de la zona industrial.

#### 3.1.3.2. ZONAS RESIDENCIALES

Talcahuano cuenta con varios sectores y poblaciones los cuales se han ido transformando con el paso del tiempo. La división por distritos censal divide la comuna en 17 zonas urbanas, 2 zonas rurales y una zona Industrial (DC-10).

#### 3.1.3.3. ZONAS DE SERVICIOS

Talcahuano posee varios centros de servicios de distintos tamaños, en distintos barrios y sectores y dos centros comerciales principales: en el Sector Centro y en el Trébol de Autopista Concepción-Talcahuano, donde se ubica Mall Plaza del Trébol, Home Center Sodimac. Posee varios ejes estructurantes dentro de los cuales se destacan Avenida Cristóbal Colón, Autopista Concepción-Talcahuano, Avenida Las Golondrinas, Avenida Gran Bretaña, entre otras. En ella se ubica además el Aeropuerto Internacional Carriel Sur, un terminal rodoviario y un terminal ferroviario. Además, posee un Hospital (Las Higueras) dos puertos (San Vicente y Talcahuano), la Base Naval, con su Hospital Naval y astillero (ASMAR). Ver Mapa Urbano de Talcahuano. En esta se puede ver la ubicación de los principales centros de servicios.

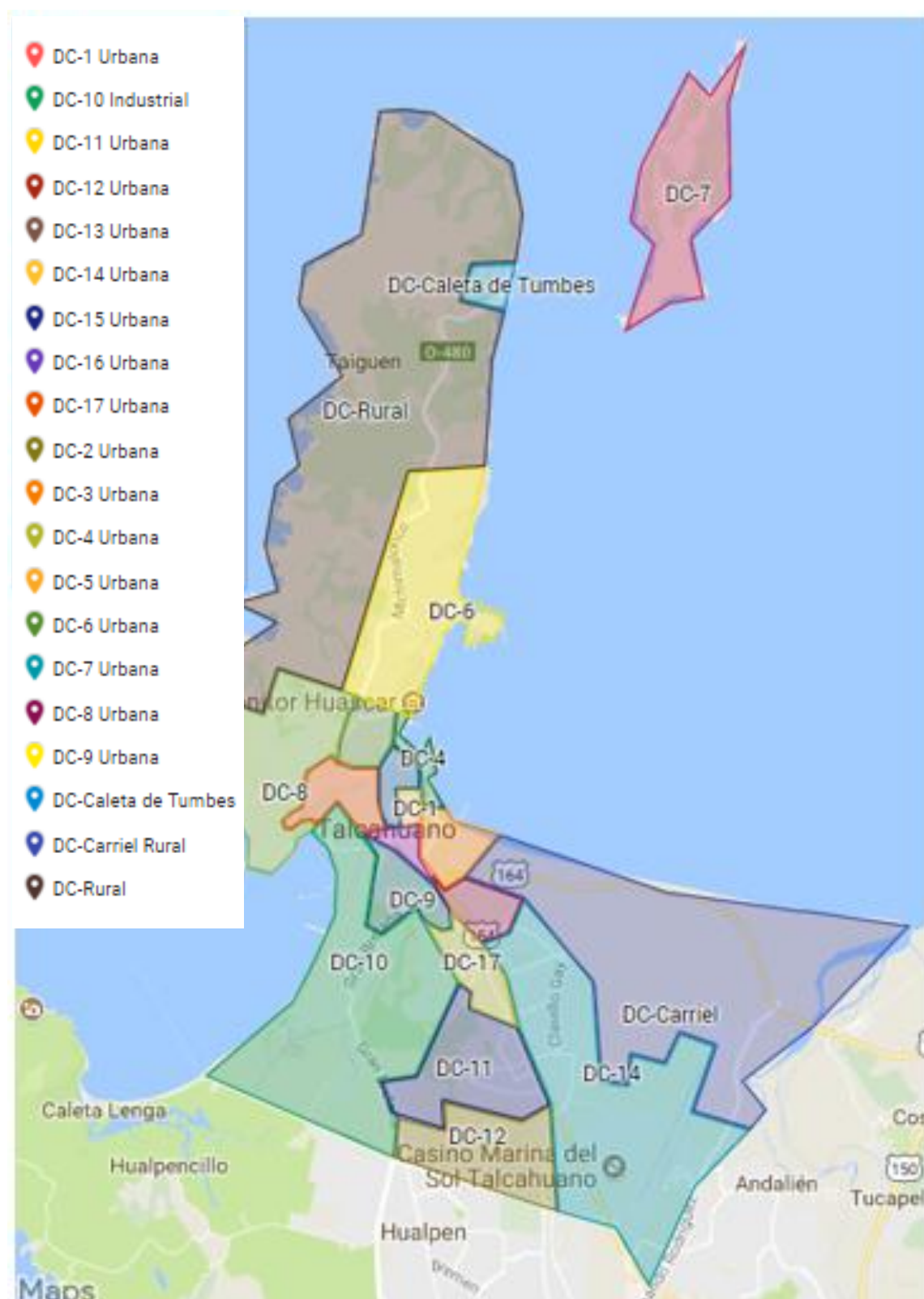


Ilustración 3. Mapa Distritos Censales (DC) de Talcahuano



## 3.2. HUALPÉN

### 3.2.1. CARACTERÍSTICAS GEOGRÁFICAS

Hualpén es una comuna y ciudad de la zona centro-sur de Chile perteneciente a la provincia de Concepción en la región del Biobío. La comuna fue creada el año 2004, a partir de la división de la comuna de Talcahuano. Está integrada dentro del área metropolitana del Gran Concepción

La comuna limita al sur con el Río Biobío; al sudeste con Concepción, al norte y noreste con Talcahuano; al oeste con el océano Pacífico.

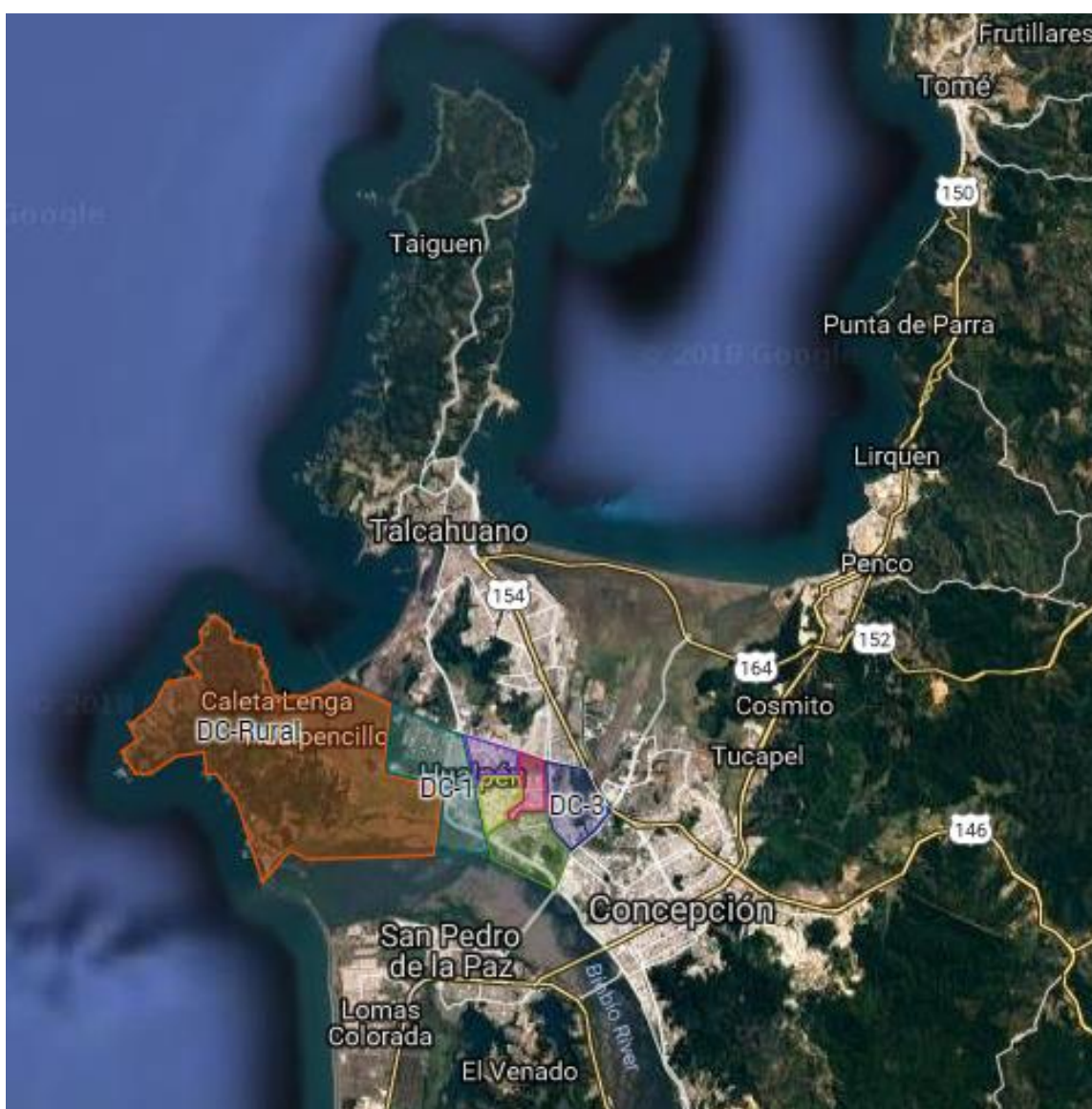


Ilustración 4. Mapa Geográfico Hualpén



### 3.2.2. DESCRIPCIÓN URBANÍSTICA

De acuerdo con el Censo 2017, la comuna de Hualpén tiene una población total de 91.773 habitantes, de los cuales 43.488 son hombres, 48.285 mujeres y con un total 30.722 viviendas. En la siguiente ilustración se presenta un resumen de los principales factores que tipifican la comuna, resultados del Censo 2017.

| Población                      |         | Vivienda                |      | Hogar                   |        |
|--------------------------------|---------|-------------------------|------|-------------------------|--------|
| Densidad de población          | 2008,71 | Viviendas desocupadas   | 4%   | Cantidad de hogares     | 29.207 |
| Índice de masculinidad         | 90,1    | Hacinamiento            | 6%   | Viv. con más de 1 hogar | 2%     |
| Edad promedio                  | 36,8    | Red pública de agua     | 100% | Tamaño de hogares       | 3,1    |
| Dependencia total              | 46,2    | IM Aceptable            | 88%  | Jefas de hogar          | 44%    |
| Dependencia 0 a 14 años        | 27,9    | IM Recuperable          | 12%  | Hogares p. originarios  | 15%    |
| Dependencia 65 o más años      | 18,3    | IM Irrecuperable        | 0%   | Hogares con migrantes   | 1%     |
| Pueblos originarios            | 9%      |                         |      |                         |        |
| Paridez media                  | 1,2     |                         |      |                         |        |
| Migración                      |         | Educación               |      | Empleo                  |        |
| Residentes habituales          | 91.370  | Escolaridad jefe hogar  | 11,1 | Declaran trabajar       | 52%    |
| No migrantes int. (nacimiento) | 35%     | Asistencia ed. escolar  | 96%  | Edad promedio           | 42,3   |
| No migrantes int. (5 años)     | 84%     | Asistencia a preescolar | 53%  | Mujeres                 | 44%    |
| Inmigrantes otro país          | 1%      | Asistencia a ed. media  | 76%  | Trabajan y estudian     | 9%     |
| Índice masc. migrantes         | 99,3    | Ingreso a ed. superior  | 33%  | Escolaridad             | 12,4   |
| Mig. reciente otro país        | 44%     | Ed. superior terminada  | 70%  | Sector primario         | 2%     |
| Edad media migrantes           | 32,6    | Esc. p. originarios     | 10,3 | Sector secundario       | 10%    |
| Escolaridad migrantes          | 12,2    |                         |      | Sector terciario        | 88%    |

Tabla 2. Factores que tipifican la comuna, Censo 2017.

### 3.2.3. DESCRIPCIÓN DE ZONAS Y ACTIVIDADES

El territorio de la comuna de Talcahuano se puede dividir en tres zonas, relativas al tipo de uso, (i) Zonas Industriales, (ii) Zonas residenciales y (iii) Zonas servicios.

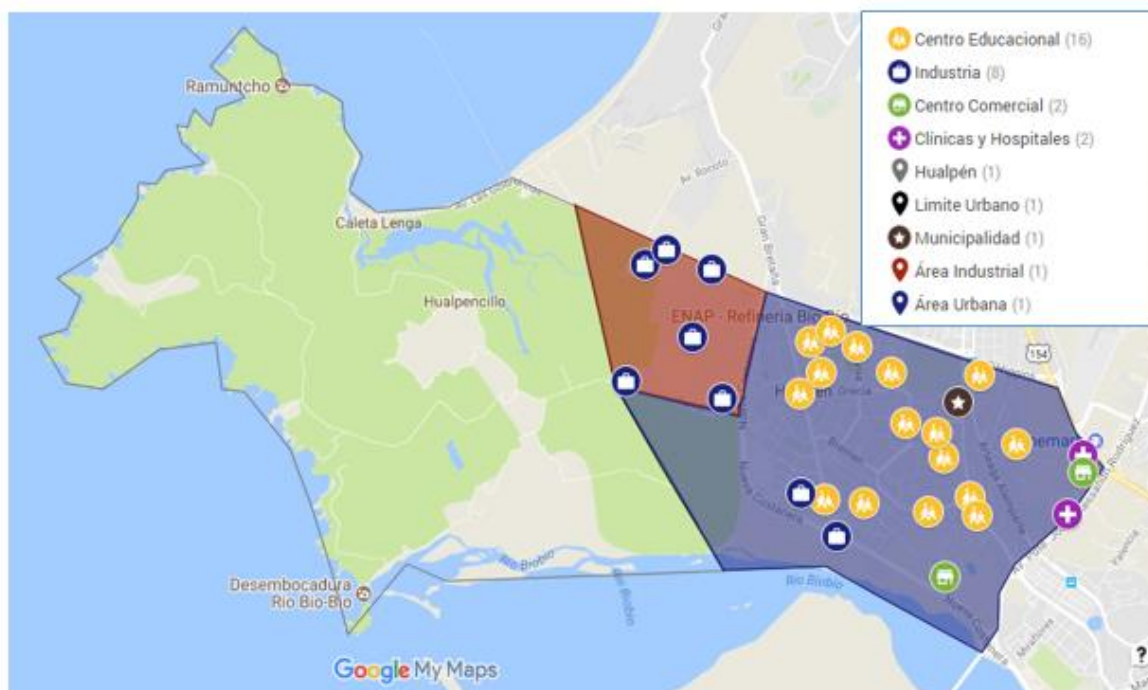


Ilustración 5. Mapa Urbano Hualpén

A continuación, se describe cada zona.

### 3.2.3.1. ZONAS INDUSTRIALES

La comuna de Hualpén alberga la zona sur de la zona industrial de Talcahuano. Se ubica en la zona periférica colindante con el área urbana y el santuario de la naturaleza de Hualpén. Entre sus industrias destaca principalmente la Petroquímica, con la presencia de la planta de refinería ENAP - Biobío. Ver mapa Urbano de Hualpén en el mapa. En esta se pudo ver la ubicación de la zona industrial.

Las principales Industrias de la comuna son:

- Enap-Refinería Biobío.
- Petropower Energía Limitada.
- Essbio Planta de Tratamiento de Aguas Servidas
- Planta Hualpen Gas.
- Petroquim S.A.
- Planta Lipigas, Planta Abastible.





### 3.2.3.2. ZONAS RESIDENCIALES

Hualpén cuenta con varios sectores y poblaciones. La división por distritos censal divide la comuna en 6 zonas urbanas y 1 zonas rurales.

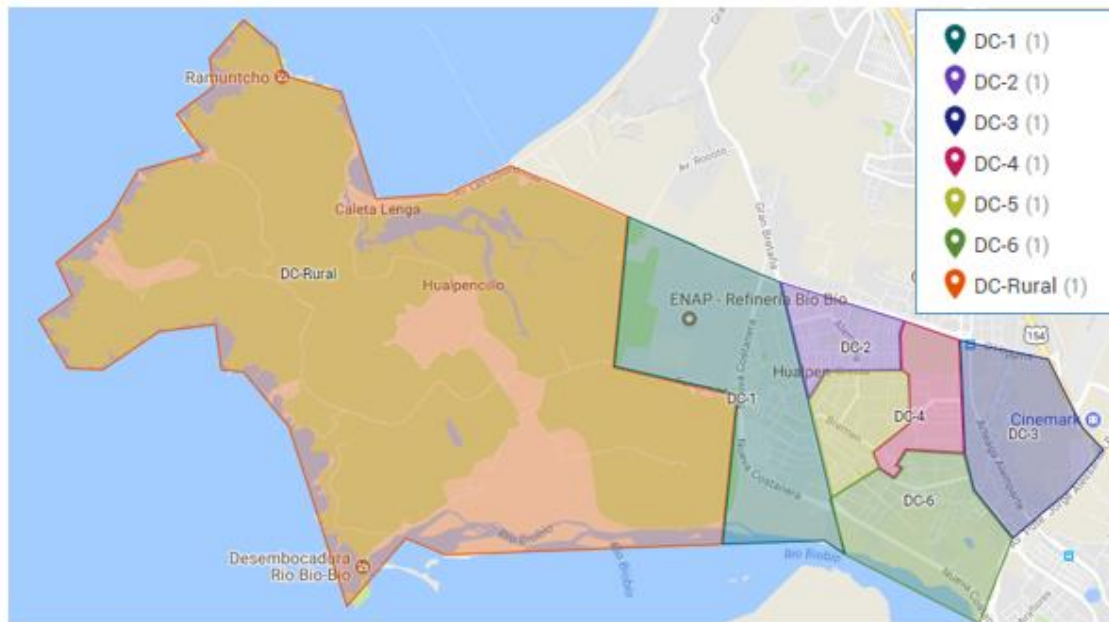


Ilustración 6. Mapa Distrito Censal Hualpén

### 3.2.3.3. ZONAS DE SERVICIOS

Aunque históricamente la comuna ha sido considerada mayormente residencial, se debe observa la presencia de un gran número de empresas dedicadas al rubro del retail y supermercado.

En cuanto a la salud pública la comuna no cuenta con un hospital, sin embargo, cuenta con cuatro CESFAM. En ámbito privado destaca la Clínica Universitaria que recibe público de toda la inter-comuna.

En el área de educación la oferta pública y privada es variada, contando con la presencia de múltiples colegios y liceos. En la educación superior Hualpén es sede de la Universidad Técnica Federico Santa María. Ver Mapa Urbano de Hualpén en el mapa. En esta se pude ver la ubicación de los principales centros de servicios.

## 3.3. CORONEL

### 3.3.1. CARACTERÍSTICAS GEOGRÁFICAS

Coronel es una comuna y ciudad de la zona centro-sur de Chile perteneciente a la provincia de Concepción en la región del Biobío. La comuna de coronel se encuentra ubicada al Sur de la Provincia



de Concepción entre el Golfo de Arauco por el Oeste, y la Cordillera de Nahuelbuta al este y a una distancia aproximada de 30 kilómetros de la ciudad de Concepción

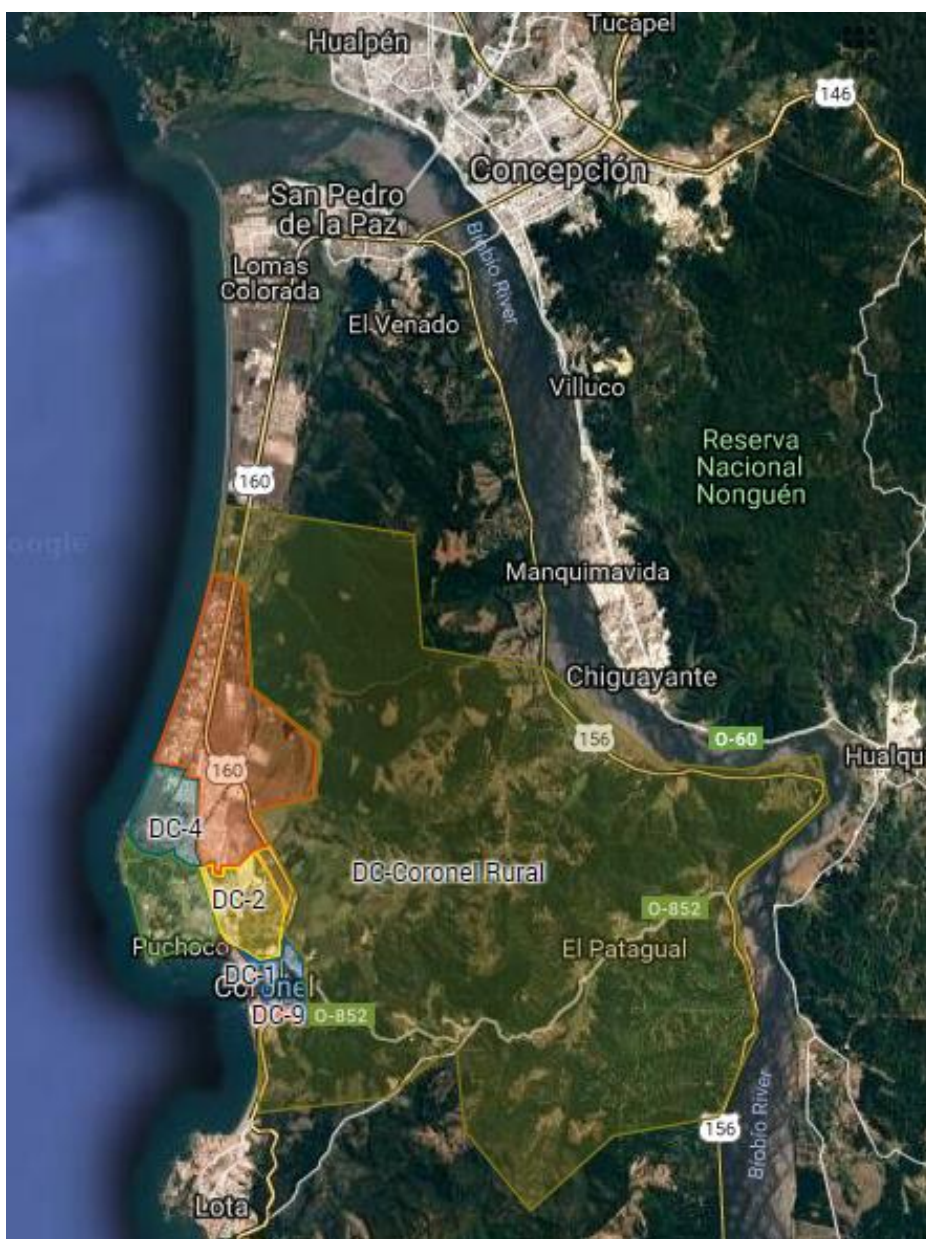


Ilustración 7. Mapa Geográfico Coronel



### 3.3.2. DESCRIPCIÓN URBANÍSTICA

De acuerdo con el Censo 2017, la comuna de Coronel tiene una población total de 116.262 habitantes, de los cuales 55.799 son hombres 60.463 mujeres y un total 41.175 viviendas<sup>2</sup>. En la siguiente ilustración se presenta un resumen de los principales factores que tipifican la comuna, resultados del Censo 2017.

| Población                      |         | Vivienda                |      | Hogar                   |        |
|--------------------------------|---------|-------------------------|------|-------------------------|--------|
| Densidad de población          | 424,89  | Viviendas desocupadas   | 8%   | Cantidad de hogares     | 36.620 |
| Índice de masculinidad         | 92,3    | Hacinamiento            | 7%   | Viv. con más de 1 hogar | 1%     |
| Edad promedio                  | 34,6    | Red pública de agua     | 97%  | Tamaño de hogares       | 3,2    |
| Dependencia total              | 47,7    | IM Aceptable            | 83%  | Jefas de hogar          | 41%    |
| Dependencia 0 a 14 años        | 33,2    | IM Recuperable          | 16%  | Hogares p. originarios  | 19%    |
| Dependencia 65 o más años      | 14,5    | IM Irrecuperable        | 1%   | Hogares con migrantes   | 1%     |
| Pueblos originarios            | 12%     |                         |      |                         |        |
| Paridez media                  | 1,5     |                         |      |                         |        |
| Migración                      |         | Educación               |      | Empleo                  |        |
| Residentes habituales          | 115.621 | Escolaridad jefe hogar  | 10,2 | Declaran trabajar       | 50%    |
| No migrantes int. (nacimiento) | 61%     | Asistencia ed. escolar  | 96%  | Edad promedio           | 41,8   |
| No migrantes int. (5 años)     | 87%     | Asistencia a preescolar | 51%  | Mujeres                 | 41%    |
| Inmigrantes otro país          | 1%      | Asistencia a ed. media  | 77%  | Trabajan y estudian     | 8%     |
| Índice masc. migrantes         | 103,3   | Ingreso a ed. superior  | 25%  | Escolaridad             | 11,6   |
| Mig. reciente otro país        | 41%     | Ed. superior terminada  | 69%  | Sector primario         | 6%     |
| Edad media migrantes           | 32,5    | Esc. p. originarios     | 9,4  | Sector secundario       | 10%    |
| Escolaridad migrantes          | 11,5    |                         |      | Sector terciario        | 84%    |

Tabla 3. Factores que tipifican la comuna, Censo 2017.

### 3.3.3. DESCRIPCIÓN DE ZONAS Y ACTIVIDADES

El territorio de la comuna de Coronel se divide en tres zonas, relativas al tipo de uso, (i) Zonas Industriales, (ii) Zonas residenciales y (iii) Zonas servicios.

<sup>2</sup> El concepto censal de Viviendas y Hogares, establece que: (i) Vivienda, es todo aquello que se ha construido, adaptado o dispuesto para el alojamiento de personas; (ii) Hogar, si todas las personas que pasaron la noche en esa Vivienda comparten y se benefician de los gastos de alimentación, este grupo conforma un hogar. Por lo tanto, existen más viviendas que hogares, debido a que por definición pueden existir viviendas deshabitadas. Luego, la diferencia que existe entre viviendas y hogares, corresponde al porcentaje de viviendas desocupadas.





-  DC-1
-  DC-10
-  DC-11
-  DC-2
-  DC-3
-  DC-4
-  DC-5
-  DC-8
-  DC-9
-  DC-Coronel Rural

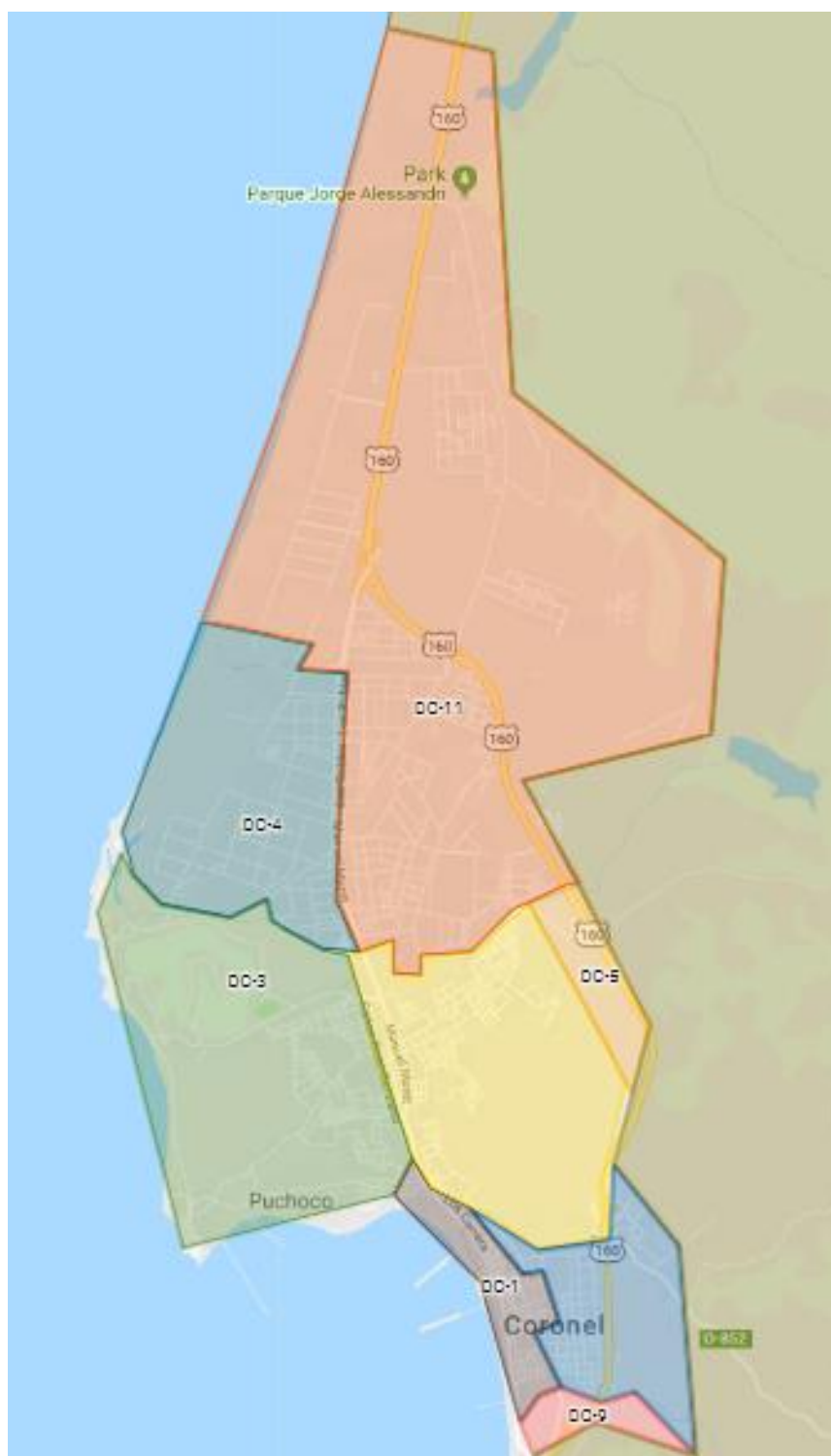


Ilustración 7. Mapa de Distritos Censales (DC) de Coronel

A continuación, se describe cada zona.



#### 3.3.3.1. ZONAS INDUSTRIALES

Uno de los lugares en donde se ha consolidado la actividad industrial dentro de la comuna corresponde al amplio cordón industrial ubicado en el sector norte de la ciudad, a un costado de la Ruta 160, constituido por los Parques Industriales Escuadrón 1 y 2 y el Parque Industrial Coronel, lugar en donde se concentra mayoritariamente la actividad industrial de la comuna y de la región, mayoritariamente la industria manufacturera.

Otro sector industrial es el área de las Pesqueras, hacia la Bahía de Coronel, donde también se ubica la central termoeléctrica Bocamina, la cual surte, en menor grado al sistema eléctrico de la comuna.

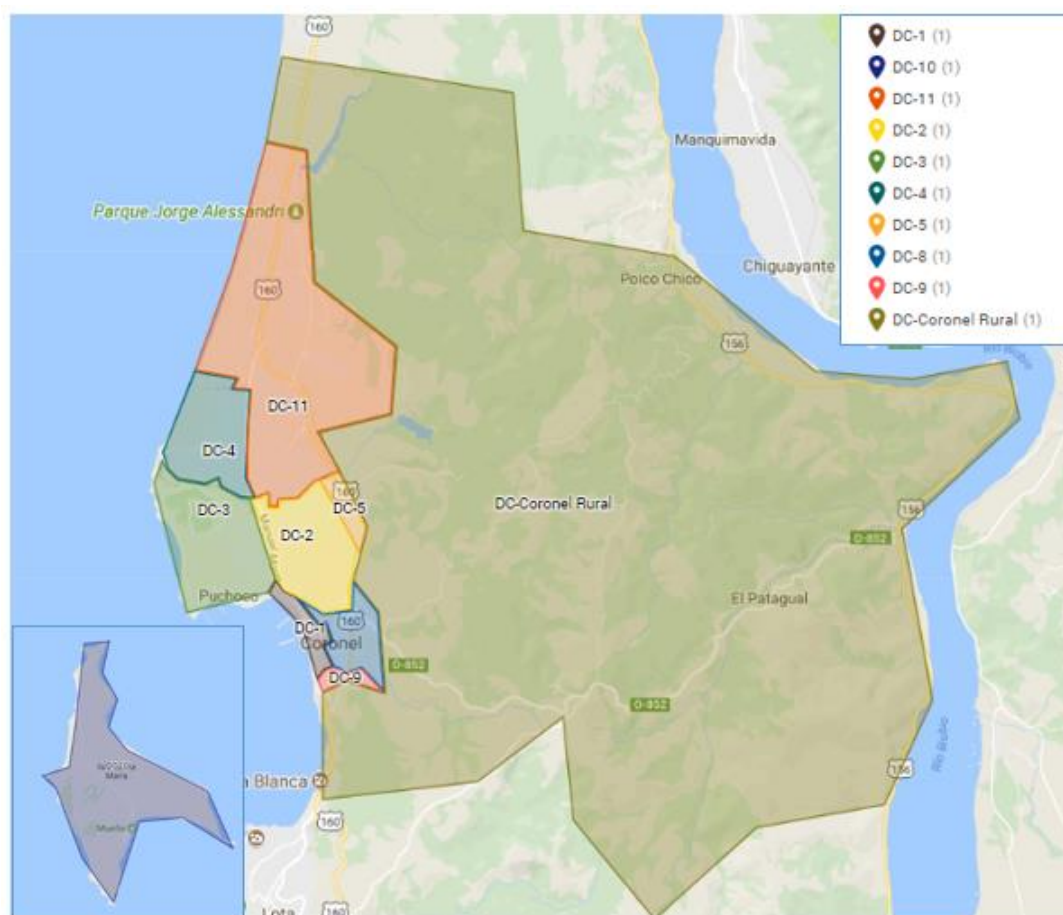
Algunas de las industrias importantes localizadas en la comuna de Coronel son:

- Planta Coronel, Grupo Polpaico. Holcim Ltd.
- Planta Remanufactura Coronel CMPC Maderas. Grupo Matte.
- Parque Industrial Coronel. Grupo CGE (Familia Marín, Almería, otros).
- Centro productivo Coronel. Pesquera Orizon. Grupo de Empresas Copec, Grupo Angelini.
- Planta Coronel. Aislapanel S.A.
- Planta conservera y Planta aceite y harina de pescado. Pesquera Camanchaca.
- Planta de Producción. Ewos Chile. Grupo Altor & Bain.
- Planta Chile. Auxiliar Conservera S.A.
- Planta Voith Chile. Holding Voith Paper AG.
- Planta Chile. Tapel Willamette INC. S.A. Multinacional Willamette Valley Co.
- Forestal y Papelera Concepción S.A.
- Planta Coronel. Forestal Volterra.
- Termoeléctricas ENDESA y Santa María,

Ver mapa Urbano de Coronel. En esta se puede ver la ubicación de la zona industrial, relativa a otros sectores.

#### 3.3.3.2. ZONAS RESIDENCIALES

Corresponde a toda el área urbana de Coronel donde predominan las zonas habitacionales homogéneas, con viviendas pareadas continuas o aisladas, con alturas promedio de uno a dos pisos y predominio de materialidades mixtas, principalmente albañilería y madera.



**Ilustración 8. Mapa Distritos Censales (DC) de Coronel**

### 3.3.3.3. ZONAS DE SERVICIOS

El uso de suelo comercial, se ubica principalmente en el centro de la ciudad, mezclándose con el equipamiento y servicios y en menor medida el uso habitacional, el resto del comercio se extiende, pero con mayor disgregación a lo largo de la avenida Manuel Montt, hasta el sector del molino, con una tipología comercial orientada a servicios y pequeños talleres (reparadoras, mueblerías, servicios técnicos y almacenes), y con total disgregación, en las poblaciones, limitándose a pequeños almacenes o parte de la vivienda, de iguales características tipológicas y de materialidad a las viviendas. En la comuna se observa la presencia de grandes Centros Comerciales en menor cantidad que en las comunas cercanas. Ver Mapa Urbano de coronel en el mapa. En esta se pude ver la ubicación de los principales centros de servicios.



## 4. MAPA DE ACTORES RELEVANTES

---

### 4.1. IDENTIFICACIÓN

Se han identificado un total de 159 actores relacionados con el proceso de desarrollo de las redes de calefacción distrital, incluyendo desde administración pública, hasta clientes y pasando por ESCOs o suministradores de calor residual, clasificados según las siguientes categorías según su rubro o actividad económica:

- Administración pública
- Aeropuerto
- Asociación gremial
- Centro comercial
- Centro educacional
- Clínicas y hospitales
- Edificio residencial
- Establecimiento Ed. Superior
- Fuerzas armadas
- Hotel
- Industria
- Inmobiliaria
- Puerto
- Utility / ESCO

Tabla 4. Número de stakeholders por nivel de poder e interés (0 para muy bajo y 3 para muy alto)

| Interés (I) \ Poder (P) | 3 | 2 | 1  | 0  |
|-------------------------|---|---|----|----|
| 3                       | 8 | 0 | 3  | 6  |
| 2                       | 0 | 2 | 10 | 97 |
| 1                       | 0 | 0 | 2  | 6  |
| 0                       | 0 | 0 | 1  | 20 |
| -1                      | 0 | 0 | 0  | 0  |
| -2                      | 0 | 0 | 1  | 0  |
| -3                      | 0 | 0 | 1  | 1  |



En base a lo anterior, se construyó el mapa de actores por medio de un gráfico de burbujas, el cual se presenta a continuación, en el que cada burbuja tiene un tamaño proporcional al número de actores que la integran y está ubicada en las coordenadas de interés y poder correspondientes. .El detalle metodológico se recoge en los anexos.

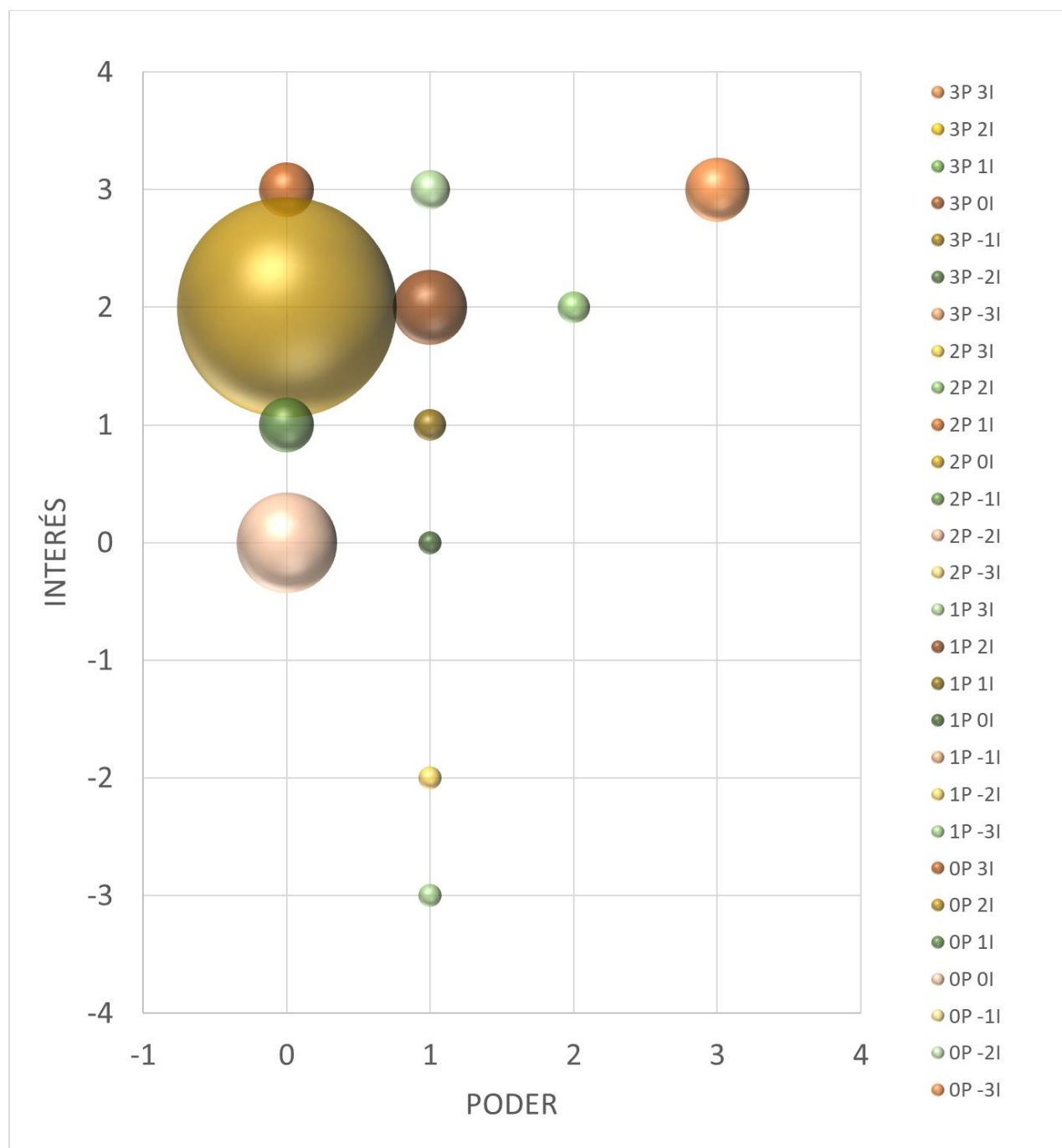


Ilustración 9. Mapa de actores.



Como es posible apreciar solo hay 12 categorías, de las 28 totales, que presentan uno o más stakeholders, y la mayor parte de estos se concentra en la categoría OP 2I con 97 interesados en total, lo cual se puede observar en la Ilustración 9. Mapa de actores.

## 4.2. ANÁLISIS DE ACTORES CON MAYOR PODER E INCIDENCIA

A continuación, se presenta una justificación de los posicionamientos asociados.

**Tabla 5. Justificación del posicionamiento de los integrantes de la categoría 3P3I**

| Stakeholder                 | Poder                                                                                                                                                                                                                                                  | Interés                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
|-----------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1. CONAF                    | Dado que es la responsable de estructurar y fiscalizar el mercado de la biomasa (en el bosque), su actuación dificultará el acceso al mercado informal de leña, con un posible incremento de precios promedio de ésta e incentivando la conexión al DH | El desarrollo del DH reducirá la demanda de leña al por menor y por lo tanto la necesidad de fiscalización de este mercado. Por otra parte, el consumo estructurado de leña, como el que pueden aportar centrales de biomasa, ayudará al desarrollo de un mercado formal y más controlable. |
| 2. GORE Bío Bío             | El GORE tiene el poder de financiar con fondos públicos parte de las iniciativas y trabajos asociados al desarrollo del DH                                                                                                                             | La mejora de la calidad de vida de los ciudadanos es de interés del GORE                                                                                                                                                                                                                    |
| 3. MINVU                    | El MINVU puede exigir la conexión al DH de nuevos proyectos subvencionados por él, especialmente en DS19, aportando las condiciones y los fondos que viabilicen los proyectos.                                                                         | El MINVU puede encontrar en el DH una herramienta alternativa a los actuales planes de mejora de eficiencia energética de viviendas, con costos menores y resultados más efectivos                                                                                                          |
| 4. SEREMI de Medio Ambiente | Tiene la capacidad de hacer llegar sugerencias al Ministerio de Medio Ambiente para que modifique aspectos asociados al PDA que faciliten la penetración del DH                                                                                        | Mejorar el resultado de la actual campaña de recambio de calefactores y la mejora de la calidad de vida de los ciudadanos es de interés del SEREMI MA.                                                                                                                                      |
| 5. SEREMI Energía           | Tiene la capacidad de hacer llegar sugerencias al Ministerio de Energía para que modifique aspectos                                                                                                                                                    | Mejorar el resultado de la actual campaña de recambio de calefactores y la eficiencia energética en general                                                                                                                                                                                 |



| Stakeholder                    | Poder                                                                                                  | Interés                                                                                                                                   |
|--------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                                | legislativos que condicionan el desarrollo del DH                                                      |                                                                                                                                           |
| 6. Municipalidad de Coronel    | Las Municipalidades tienen el poder de dinamizar el desarrollo del DH, de implicarse en la creación de | Las Municipalidades son las principales interesadas en mejorar la calidad ambiental de las Comunas y la calidad de vida de sus ciudadanas |
| 7. Municipalidad de Talcahuano | estructuras legales con capacidad de prestar los servicios, de licitar obras                           |                                                                                                                                           |
| 8. Municipalidad De Hualpén    | y concesiones, de generar mejores condiciones habilitantes, de tomar medidas fiscales, etc.            |                                                                                                                                           |

### 4.3. DISERTACIÓN

En base al trabajo realizado, es posible observar que el número de interesados a nivel organizacional e institucional asociado a este proyecto es de una elevada magnitud, donde su influencia e interés es variado entre sí. Por lo mismo, la importancia de la construcción del mapa de actores radicó y ayudó a identificar y diferenciar a los stakeholders que tienen una mayor preponderancia respecto al resto. Por ejemplo, fue posible identificar a los interesados con mayor influencia e interés en el desarrollo del proyecto de District Heating, los cuales son: CONAF, GORE Biobío, MINVU, SEREMI del Medio Ambiente, SEREMI de Energía, la municipalidad de Coronel, de Talcahuano, y la Municipalidad de Hualpén. Además, se logró identificar que, el mayor número de stakeholders se concentra en la categoría OP 21 (97 en total), es decir, interesados que poseen una influencia nula en el desarrollo del proyecto y un nivel medianamente alto de interés.

Otra apreciación que surgió fue que el número de stakeholders que podrían estar en desacuerdo con el proyecto es la minoría, al haber solo 3 instituciones que tienen un nivel de interés menor a cero, donde su poder o influencia es relativamente bajo.

En general, se observa stakeholders con bajo nivel de influencia, pero con un nivel de interés que se concentra en valores medianamente altos.



## 4.4. TALLER PARTICIPATIVO CON ACTORES

### 4.4.1. PLANTEAMIENTO

Con el objetivo de establecer un diálogo entre el desarrollo técnico de los proyectos de Calefacción distrital propuestos para las comunas de Talcahuano, Hualpén y de Coronel, con los principales actores locales - públicos o privados - vinculados a los organismos que debieran tener algún tipo de influencia o interés en dichos proyectos; es que se convocó a un taller participativo, que fue efectuado en las dependencias de la Universidad del Desarrollo de Concepción, durante la mañana del día martes 13 de noviembre de 2018 .

Así, se inició con una sección expositiva donde se da cuenta de los aspectos más relevantes de los proyectos de Calefacción Distrital, las potencialidades principales, y el escenario de cara a la realidad de la cuenca en la que se contextualizan dichos proyectos, los fundamentos teóricos de esta, y el estado de avance del proyecto propiamente tal. En esta etapa de descripción y contexto, es que se convocó a la Secretaría Regional Ministerial del Ministerio de Medio Ambiente a colaborar, dando cuenta de cómo aporta el desarrollo del estudio en el marco de los Planes de Descontaminación Ambiental, contexto sumamente relevante para el desarrollo del posterior trabajo grupal que se desarrolló en el segundo bloque.

Una vez que la información de la primera parte del taller fue entregada, se generaron tres grupos de trabajo, los que fueron “liderados” por cada localidad en la que se emplazaría el potencial proyecto, así, se generó un grupo que abordaría el proyecto de Talcahuano, uno de Hualpén y uno de Coronel. El criterio utilizado para la distribución de las y los participantes fue intencionado, buscando entregar a cada mesa de trabajo la representación de cada una de las agencias identificadas como influenciadoras de los proyectos. Así, se buscó contar con la presencia de representantes de los Municipios, de empresas generadoras de calor residual, empresas de Servicios Energéticos (ESCO’s), una empresa utilitaria, una inmobiliaria, un “consumidor ancla”, y representantes tanto de las Seremis de Energía como de Medio Ambiente.

De esta manera, la propuesta de organización de las mesas de trabajo fue la siguiente:





Tabla 6. Distribución de las mesas del taller con actores

| Mesa Talcahuano                 | Mesa Hualpén                  | Mesa Coronel                 |
|---------------------------------|-------------------------------|------------------------------|
| Molycop                         | ENAP                          | Oxiquim                      |
| CBB                             | Petropower                    | CONAF                        |
| CAP                             | Engie                         | Ener Solutions               |
| Abastible                       | Lipigas                       | Gas Sur                      |
| MINVU                           | Pocuro                        | Galilea                      |
| Nomar Fernández –<br>SEREMI MMA | Hualpén Gas                   | Miska Salas – SEREMI<br>MMA  |
| Ximena Yáñez - AIGUASOL         | Daniel González -<br>AIGUASOL | Manuel Ramírez -<br>AIGUASOL |

Finalmente, en un tercer momento se buscó generar un espacio en el que se compartirían los principales resultados obtenidos en cada grupo de trabajo.

#### 4.4.2. CONCLUSIONES Y PROPUESTAS

Para viabilizar estos proyectos, de acuerdo con lo revisado e indagado en las tres mesas de trabajo, las principales conclusiones están relacionadas con los siguientes tópicos:

1. La necesidad de desarrollar un marco legal específico que regule la implementación de un DH, que establezca roles y normas.
2. Establecer la forma legal en la que las municipalidades puedan participar de forma óptima en la gestión de las redes.
3. Subsidiar el calor de calefacción tal como se hace con el agua, pero evitar la gratuidad, estableciendo una cultura de comprensión de que se trata el servicio.
4. Establecer tarifas planas de suministro de calor con limitación de potencia y energía .
5. Hacer un proyecto piloto en un loteo nuevo de DS19.
6. Subvencionar el piloto nuevo con fondos del MINVU convencionales o fondos extras como en proyectos de especial complejidad.



7. Hacer un proyecto piloto en casa existentes, utilizando el PPPF de zona saturada para subvencionar la operación -> Modificar PPPF.
8. Usar a las utilities o empresas municipales para resolver facturación individualizada.
9. Establecer garantías del estado para substituir a los clientes ancla en proyectos residenciales.
10. Dar continuidad a este espacio, creando una mesa de trabajo continua por el desarrollo del DH en el Bío Bío.
11. Existe una preocupación por el modelo de negocios con el que se implementará el proyecto, ya que existe un interés de que dicho modelo sea administrado con participación del municipio, y se manifiesta que debiera ser el Estado quien invierta de manera no reembolsable para viabilizar el proyecto.
12. Se considera como un factor gravitante la valoración social del proyecto, ya que el nivel de conflicto con la comunidad puede elevarse y eso se vislumbra como un factor que inviabilizaría el proyecto. Se ve como un proyecto que efectivamente contribuiría a mejorar la calidad de vida de la comunidad de la comuna, y que, si se elabora adecuadamente, con la participación necesaria, se podría vincular a los planes de desarrollo comunales, brindando un respaldo mayor a la iniciativa.
13. Se vislumbra al proyecto con el potencial de ayudar a cumplir con las metas de las políticas de energía y de descontaminación, lo que habilitaría vías de disminución de la conflictividad social.
14. Se evidencia la disponibilidad de capacidades para el abordaje técnico del proyecto.
15. Se ve al proyecto como una forma de mejorar las condiciones ambientales de las ciudades en las que dichos proyectos se desarrollan.
16. Se considera a la rentabilidad económica como un factor relevante para generar una inversión en este proyecto.



## 5. ANTEPROYECTO DE PDA PARA LAS COMUNAS DEL CONCEPCIÓN METROPOLITANO

---

### 5.1. INTRODUCCIÓN

Las comunas de Concepción Metropolitano fueron declaradas zona latente por MP10, como concentración de 24 horas, mediante decreto supremo N° 41, de 2006, del Ministerio Secretaría General de la Presidencia. Mediante decreto supremo N° 15, de 2015, del Ministerio del Medio Ambiente, se declaró zona saturada por MP2,5 como concentración diaria. Posteriormente, mediante resolución exenta N° 822, de 2015, se dio inicio al proceso de elaboración del plan de descontaminación atmosférica por MP2,5. Consecutivamente, por resolución exenta N°870, de 2016, del Ministerio del Medio Ambiente, se ordenó la acumulación del proceso de elaboración del plan de descontaminación atmosférica por MP2,5, con el procedimiento destinado a elaborar un plan de prevención atmosférica por MP10, los que continúan como un solo procedimiento.

La zona en la cual se aplicará el Plan de Prevención y Descontaminación Atmosférica (PPDA), corresponde a las comunas de Concepción Metropolitano, éstas son Lota, Coronel, San Pedro de la Paz, Hualqui, Chiguayante, Concepción, Penco, Tomé, Hualpén y Talcahuano.

### 5.2. RESUMEN DE IMPLICACIONES

En los anexos, se presenta un resumen procesados del Anteproyecto. A continuación, se presentan las que se consideran las principales implicaciones que pueden tener efecto sobre el desarrollo de proyectos de Calefacción Distrital.

- Problemática y objeto PM2,5 y PM10, para reducir respectivamente un 44% y un 17%
- PM2,5 proviene de calefacción domiciliaria y fuentes estacionarias en un 59% y al 34% respectivamente
- Medidas sobre calefacción domiciliaria
  - o Sólo leña acorde a NCh2907 a través de comercializadores registrados y con indicador de humedad y PCI
  - o Se prohíbe el uso de chimeneas y el uso de calefactores a leña en el interior de edificios habitacionales, así como quemar cualquier cosa que no sea leña seca o briquetas
  - o Paulatinamente se irán prohibiendo los sistemas menos eficientes y se llevará a cabo un programa de recambio de al menos 15.000 artefactos



- Medidas sobre el ahorro energético
  - o Se establecen estándares técnicos para mejorar la aislación térmica en viviendas nuevas.
  - o Se entregarán 20.000 subsidios para acondicionamiento térmico de viviendas existentes
- Sobre los proyectos inmobiliarios se harán estudios sobre pilotos de ZEB y DH
- Sobre las fuentes estacionarias (calderas y hornos) se imponen plazos para el cumplimiento de límites de emisiones de MP, SO<sub>2</sub> y NO<sub>x</sub> según potencia, a partir de 75kW en calderas. Se impone también la obligación de instalar CEMS para potencias igual o mayores de 20MW
- Los grandes establecimientos comerciales o industriales, (aquellos que hoy emiten más de 200Tn/año de MP ó 300Tn/año de SO<sub>2</sub>) deberán reducir sus emisiones de MP al menos un 30% respecto a 2013 o año de inicio de operación si es más tarde
- Sistema de Compensación de Emisiones
  - o Se establecerá a los 6 meses
  - o Operará tanto para el cumplimiento de las metas de emisión para grandes establecimientos existentes, como para las compensaciones de las emisiones de nuevos proyectos o modificaciones y/o ampliaciones de proyectos existentes que ingresen al Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental (SEIA).
  - o Las compensaciones podrán realizarse entre diversos tipos de fuentes, actividades y sectores económicos.
  - o Los proyectos o actividades que ingresen al SEIA que generen un incremento sobre la situación base que superen ciertos umbrales deberán compensar sus emisiones totales anuales.
    - Umbrales en Tn/año 2,5 para MP<sub>2,5</sub>, 5 para MP<sub>10</sub>, 10 para SO<sub>2</sub> y 20 para NO<sub>x</sub>
  - o Para la compensación de emisiones se considerarán el 120% de las emisiones de los proyectos o actividades
  - o Se desarrollará un banco de proyectos con alternativas de compensación evaluadas, para su uso por parte de los titulares de proyectos que deban compensar.
- Plan Operacional de Gestión de Episodios Críticos
  - o entre el 1 de abril y 30 de septiembre de cada año

Restricciones sobre calefactores y cocinas, calderas de más de 20MWt y cualquier fuente que no hay acreditado sus emisiones



## 6. CARACTERIZACIÓN DE FUENTES DE CALOR RESIDUAL

### 6.1. IDENTIFICACIÓN DE FUENTES

A nivel metodológico, el presente trabajo debía partir de las conclusiones de Informe 2 del “Estudio para la Identificación de Calor Residual para Proyectos de Calefacción Distrital Ubicados en el Área Metropolitana de Concepción” realizado por la UDT en 2017, pero se observó que algunos de los datos recogidos habían cambiado en este tiempo, por lo que se optó por hacer una actualización y validación de datos.

Por otra parte, se incluyeron fuentes de baja temperatura para su posible aprovechamiento mediante el uso de bombas de calor, que el mencionado estudio no tomó en cuenta.

Las posibles fuentes de calor residual identificadas en dicho trabajo son las siguientes:

**Tabla 7. Listado de Plantas identificadas en Estudio de Calor Residual UDT 2017**

| Comuna     | Nombre de la Planta       | Rubro                                     | Dirección                                              |
|------------|---------------------------|-------------------------------------------|--------------------------------------------------------|
| Talcahuano | Occidental Chemical (Oxy) | Planta de Cloro-Soda                      | Av. Rocoto 2625<br>www.oxychile.cl                     |
| Talcahuano | CAP                       | Siderúrgica                               | Gran Bretaña 2910<br>www.capacero.cl                   |
| Talcahuano | Cementos Bio Bio          | Producción de cemento                     | Gran Bretaña 1725<br>www.cementosbiobio.cl             |
| Talcahuano | Maritano                  | Producción de jabones                     | Juan Antonio Ríos 801<br>www.maritano.cl               |
| Talcahuano | Blumar                    | Planta procesamiento de salmón            | Colón 2400<br>www.blumar.com                           |
| Hualpén    | Petropower                | Central termoeléctrica a carbón y petcoke | Ramuntcho 3230                                         |
| Hualpén    | ENAP Refinerías Bio Bio   | Refinería de petróleo                     | Camino a Lenga 2001<br>www.enap.cl                     |
| Hualpén    | Petroquim                 | Manufactura de polipropileno              | Camino a Ramuntcho s/n<br>www.petroquim.cl             |
| Coronel    | Oxiquim                   | Manufactura de resinas                    | Calle A, Camino a Coronel km 18,5<br>www.oxiquim.cl    |
| Coronel    | Resinas del Bio Bio       | Manufactura de resinas                    | Calle D, Sitio 9, Parque Escuadrón II<br>www.rebisa.cl |



| Comuna  | Nombre de la Planta                  | Rubro                                                      | Dirección                                                                                              |
|---------|--------------------------------------|------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Coronel | Forestal y Papelera Concepción (FPC) | Producción de papel corrugado y tisú                       | Camino a Coronel km 17,5<br><a href="http://www.fptissue.cl">www.fptissue.cl</a>                       |
| Coronel | Nueva Energía                        | Central térmica de biomasa                                 | Camino a Coronel km 17,5, Parque Escuadrón II<br><a href="http://www.enesa.cl">www.enesa.cl</a>        |
| Coronel | Fiordo Austral                       | Planta de harina y aceite de pescado                       | Parque Escuadrón I, Sitio 13-B y 14<br><a href="http://www.salmonoil.cl">www.salmonoil.cl</a>          |
| Coronel | EWOS                                 | Producción de alimento para salmones                       | Camino a Coronel km 20, Parque Escuadrón I<br><a href="http://www.ewos.com">www.ewos.com</a>           |
| Coronel | Fanaloza                             | Fabricación de cerámicos                                   | Camino a Coronel km 19,5, Parque Escuadrón I<br><a href="http://www.fanaloza.cl">www.fanaloza.cl</a>   |
| Coronel | Agarpac                              | Producción de agar                                         | Schwager 1112, Parque Industrial Coronel<br><a href="http://www.agarpac.com">www.agarpac.com</a>       |
| Coronel | SAGESA                               | Central térmica                                            | Schwager s/n, Parque Industrial Coronel<br><a href="http://www.gruposaesa.cl">www.gruposaesa.cl</a>    |
| Coronel | FoodCorp S.A.                        | Planta de harina y aceite de pescado                       | Pedro Aguirre Cerda 995, Lo Rojas<br><a href="http://www.fcc.cl">www.fcc.cl</a>                        |
| Coronel | Orizon                               | Planta de harina y aceite de pescado y planta de conservas | Pedro Aguirre Cerda 989, Lo Rojas<br><a href="http://www.orizon.cl">www.orizon.cl</a>                  |
| Coronel | Ice Fish Pesquera Bahía Coronel S.A. | Planta de harina y aceite de pescado                       | Pedro Aguirre Cerda 639, Lo Rojas                                                                      |
| Coronel | Camanchaca                           | Planta de harina y aceite de pescado y planta de conservas | Carlos Prats 80, Lo Rojas<br><a href="http://www.camanchaca.cl">www.camanchaca.cl</a>                  |
| Coronel | Enel (Bocamina)                      | Central termoeléctrica a carbón                            | Pedro Aguirre Cerda 1013, Lo Rojas<br><a href="http://www.enelgeneracion.cl">www.enelgeneracion.cl</a> |
| Coronel | Colbún (Santa María)                 | Central termoeléctrica a carbón                            | Costado Ruta 160<br><a href="http://www.colbun.cl">www.colbun.cl</a>                                   |

A parte de las anteriores, se incluyó Moly-cop Chile, dedicada a la producción de bolas de acero y ubicada en Talcahuano



## 6.2. ACTUALIZACIÓN DE INFORMACIÓN

De las fuentes identificadas en el estudio de calor residual, se descartaron la mayoría por presentar niveles de potencia bajos, por debajo de los 500kWth y del resto se procedió a visitar una planta por rubro y se contactó con otras empresas para validar los datos disponibles.

A partir de las entrevistas se pudo constatar que las pesqueras presentan una importante estacionalidad inversa, concentrando su operativa en verano y eliminando su actividad de procesamiento en invierno, a lo que se debe sumar la aleatoriedad de la operación, asociada a la llegada de pescado. Estas características hacen muy poco interesante este tipo de industrias para invertir en recuperar y transportar calor para un sistema de calefacción distrital, por lo que se descartaron este tipo de industrias.

De resto de industrias identificadas y analizadas, se presenta a continuación la información más actualizada disponible.

**Tabla 8. Actualización de datos de Plantas tomadas en consideración, respecto al Estudio de Calor Residual UDT 2017**

| Nombre de la Planta     | Información Estudio UDT                                                                                              | Actualización                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
|-------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Cementos Bío Bío</b> | Gases calientes de horno y molinos. Gases de baja temperatura (menos a 110 °C). Potencial de recuperación de 1.81 MW | Estacionalidad. Invierno baja 15% con respecto al periodo de septiembre - abril. Turnos de operación 24/7. No se encuentra disponible los hornos klinker, principales fuentes de energía térmica debido a que ya no producen klinker, sino que lo compran. En caso de existir interés para recuperar calor de CBB estaría dispuesto a evaluar factibilidad de poner a disposición su calor residual con el propósito de contribuir a la comunidad. Producción de cemento. CBB disponía de mayor calor residual cuando producir el klinker. Ahora lo compran en China y no existe la mayor proporción de calor residual que se suponía tenían disponible (ver Minuta relacionada). <b>De los 1,8 MWth disponibles, ahora se dispondrían de 0,1 MWth.</b> |
| <b>Moly-Cop Chile</b>   | No se contempló                                                                                                      | Producción de bolas de acero para molienda. Utilizan hornos de inducción (gran consumo eléctrico) barras alcanzan 1200 °C, luego forja y tratamientos térmicos en hornos de gas (500-800°C). Podría ser una fuente de Calor residual dado que luego del templado de bolas de acero, se produce un flujo de agua residual sobre 50°C.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |



| Nombre de la Planta                            | Información Estudio UDT                                                                                                                                                                                                                                                                                            | Actualización                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
|------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Siderúrgica Huachipato CAP                     | Gases calientes a la salida del incinerador. Corriente de alta temperatura (mayor a 800 °C). Gases de combustión a la salida de calderas. Corriente de temperatura media por sobre los 200 °C.                                                                                                                     | Existe interés en la venta de energía y/o combustible para un DH. Se indica que existe conexión directa con Cementos Bio Bio para la venta de gas, sin embargo, prefieren venderlo al DH de ser posible. Flujo de aire a la salida del incinerador es sobre los 800 °C, mientras que este es mezclado con flujo de aire limpio para reducir la salida en chimenea a 396 °C. Se planea aumentar la producción de 800 kTn/año de acero líquido a 950 kTn/año. Se indica que estarían dispuestos a suministrar excedente de gas al sistema de generación del DH, más allá de la posibilidad de suministrar calor residual. Existe un proyecto que disminuirá el vapor producido en calderas aprox 50% respecto lo contemplado por estudio de la Udt. El ahorro se traduce en disponibilidad de gas coque al valor equivalente de petróleo. <b>Se estima en 1 MW continuo. Existen pasos pluviales por los que se puede atravesar la carretera sin demasiadas obras.</b> |
| Essbio Planta de Tratamiento de aguas Servidas | No se contempló                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | Coronel no tiene tratamiento, sólo dos emisarios marinos. Talcahuano no tiene tratamiento, sólo dos emisarios marinos. Hualpén está integrado en un sistema mayor que incluye concepción. Tiene una cogeneración que usa 100% en los biodigestores. Los lodos se llevan a uso agrícola o relleno sanitario. La temperatura de efluente es de 14 - 16 °C pero queda sujeto a confirmación. Dado que cogeneran todo, no tienen disponibilidad de biogás ni de calor.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
| ENAP - Refinería Bío Bío                       | 6 calderas de vapor para proceso. Agua de refrigeración del complejo proveniente de río Bío Bío. Gases de escape de calderas. Corriente de temperatura media (160 - 170 °C). Posibilidad de recuperar 0,5 MW en humos de las calderas. 63 MW provenientes de agua de refrigeración de todo el complejo industrial. | Calderas funcionan con gas de refinería (H <sub>2</sub> , Sulfuros de Carbono y sulfhídrico de 300 a 500 ppm) (60%) y gas natural (40%) Tiene un PCI variable. Los gases de escape salen a límite de la temperatura de rocío por lo que debido a la presencia de sulfhídrico, no se puede reducir más la temperatura. Se controla el % de oxígeno para optimizar operación. En el estudio de la Udt se habla de efluentes de 3.6 m <sup>3</sup> /s pero en realidad solo hay 2.5 m <sup>3</sup> /s. Operación 24/7, potencia nominal de 52 MW, antes de ir al río meten el agua en unas piscinas para que se enfríe. Tienen proyecto de migrar la refrigeración abierta a torre de refrigeración. Se plantea la posibilidad de establecer una relación ventajosa para ambas partes mediante la cual el operador de DH enfríe el proceso de ENAP, evitando la instalación de las torres de refrigeración necesarias para evitar el río.                               |





| Nombre de la Planta                | Información Estudio UDT                                                                                                                                                                                                                                   | Actualización                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
|------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Petropower Energía Limitada</b> | Planta termoeléctrica de cogeneración de 75 MWe. Gases de escape caldera. Corriente de temperatura media (sobre 200 °C). Potencial de recuperación calor, 4.3 MW a 7.8 MW                                                                                 | <p>Los gases salen a 135°C con SO, en el límite del punto de rocío. No hay calor residual. Esta la opción de Agua de salida del condensador que va a las Torres de enfriamiento 28 y 32°C, como fuente de calor residual. Factor de planta 97%. Caudal de recirculación 6mil – 7mil m3/hr. Delta T 8-12°C</p> <p>Dado que existen un exceso de potencia instalada respecto a los requerimientos de ENAP, se plantea la posibilidad de aumentar la producción para suministrar calor al DH al costo de oportunidad eléctrico. Se cuantifica disponibilidad en entre 10 y 15MWth.</p> |
| <b>Enel (Bocamina)</b>             | Central térmica a carbón. Gases de escape de la caldera. Corriente de temperatura baja (menor a 100 °C). Potencia de Recuperación de Calor. 6.1 a 14.4 MW considerando las dos unidades de generación y condiciones de máxima y mínima carga de operación | Presenta grandes discontinuidades de operación. Lleva meses detenida por exceso de producción hidráulica.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
| <b>Colbún (Santa María)</b>        | Central térmica a carbón. Gases de escape de la caldera. Corriente de temperatura baja (menor a 100 °C). Potencia de Recuperación de Calor: 5 a 7 MW considerando dos condiciones de operación: carga máxima y a 70% de capacidad                         |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
| <b>OXIQUIM SA</b>                  | No se analizó                                                                                                                                                                                                                                             | Dispone de calor residual. Se produce 6,6 t/h de vapor saturado a 192 °C. Un 13% se autoconsume en el mismo lugar de generación. La diferencia, aprox. 4 t/h promedio, se va al ambiente (flujo variable). Aproximadamente 3,1 MW                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |



## 6.3. CONCLUSIONES

Se considera que existen 5 fuentes de calor residual que reúnan las condiciones de potencia, nivel térmico, horas de operación anuales y visos de continuidad en el tiempo que permitan plantearse inversiones para el aprovechamiento de calor residual.

**Tabla 9. Tabla resumen de Plantas con calor residual aprovechable**

| Comuna     | Nombre de la Planta         | Potencia   | Observaciones                           |
|------------|-----------------------------|------------|-----------------------------------------|
| Talcahuano | Moly-Cop Chile              | Sin Datos  | Lazo de refrigeración a 50°C            |
| Talcahuano | Siderúrgica Huachipato CAP  | 1MW        | Gas Coque                               |
| Hualpén    | Petropower Energía Limitada | 10 a 15 MW | Calor no residual, producido con carbón |
| Hualpén    | ENAP - Refinería Bío Bío    | 52 MW      | Lazo de refrigeración a 40°C            |
| Coronel    | OXQUIM SA                   | 3,1 MW     | Vapor a 192°C                           |



## 7. MAPAS DE DEMANDAS Y CONTAMINANTES

### 7.1. RESULTADOS AGREGADOS

Se presentan a continuación los resultados agregados del análisis de cada una de las comunas, pero de forma conjunta para visualizar las diferencias esenciales entre las mismas, que explican su naturaleza.

**Tabla 10. Resumen de resultados agregados para las tres comunas**

| Parámetro                                       | Unidades                    | Talcahuano       | Hualpén          | Coronel          |
|-------------------------------------------------|-----------------------------|------------------|------------------|------------------|
| Área manzanas                                   | $m^2$                       | 43.766.851       | 14.294.137       | 38.075.674       |
| Personas Censadas                               | -                           | 149.595          | 94.194           | 110.341          |
| Viviendas Censadas                              | -                           | 50.289           | 31.475           | 38.821           |
| Superficie edificada viviendas Tipo 1           | $m^2$                       | 516.783          | 283.962          | 395.054          |
| Superficie edificada viviendas Tipo 2           | $m^2$                       | 1.060.706        | 765.726          | 1.129.562        |
| Superficie edificada viviendas Tipo 3           | $m^2$                       | 906.546          | 401.547          | 691.795          |
| Superficie edificada edificios de viviendas     | $m^2$                       | 336.369          | 326.866          | 137.843          |
| Superficie edificada edificios singulares       | $m^2$                       | 496.773          | 174.527          | 710.225          |
| <b>Superficie Edificada Caracterizada Total</b> | <b><math>m^2</math></b>     | <b>3.317.177</b> | <b>1.952.629</b> | <b>3.064.479</b> |
| Demanda Calefacción Habitacional                | $MWh/año$                   | 406.513          | 246.395          | 338.531          |
| Demanda ACS Habitacional                        | $MWh/año$                   | 82.232           | 51.778           | 60.654           |
| Demanda Calefacción Singular                    | $MWh/año$                   | 1.732            | 3.228            | 1.498            |
| Demanda ACS Singular                            | $MWh/año$                   | 9.893            | 6.128            | 1.612            |
| <b>Demanda de Calor Total</b>                   | <b><math>MWh/año</math></b> | <b>500.370</b>   | <b>307.529</b>   | <b>402.295</b>   |
| Potencia Calefacción Habitacional               | $MW$                        | 313              | 195              | 263              |
| Potencia ACS Habitacional                       | $MW$                        | 150              | 94               | 116              |
| Potencia Calefacción Singular                   | $MW$                        | 3                | 7                | 3                |
| Potencia ACS Singular                           | $MW$                        | 1                | 2                | 1                |
| <b>Potencia Total</b>                           | <b><math>MW</math></b>      | <b>467</b>       | <b>297</b>       | <b>383</b>       |
| Puntos de conexión domésticos                   |                             | 44.645           | 26.312           | 36.715           |
| Puntos de conexión edificios                    |                             | 67               | 67               | 20               |
| Puntos de conexión singulares                   |                             | 23               | 21               | 13               |
| Densidad de demanda promedio                    | $kWha/m^2$                  | 12               | 22               | 11               |



| Parámetro                     | Unidades             | Talcahuano                        | Hualpén           | Coronel           |
|-------------------------------|----------------------|-----------------------------------|-------------------|-------------------|
| <b>Grado de adecuación</b>    |                      | <b>Superficie (m<sup>2</sup>)</b> |                   |                   |
| No adecuado                   | m <sup>2</sup>       | 41.028.479                        | 12.532.454        | 36.029.491        |
| Apto bajo ciertas condiciones | m <sup>2</sup>       | 1.453.256                         | 1.029.794         | 1.542.462         |
| Apto                          | m <sup>2</sup>       | 548.881                           | 731.889           | 503.721           |
| <b>Total</b>                  | <b>m<sup>2</sup></b> | <b>43.766.851</b>                 | <b>14.294.137</b> | <b>38.075.674</b> |
| <b>Grado de adecuación</b>    |                      | <b>Número de Viviendas</b>        |                   |                   |
| No adecuado                   |                      | 35.020                            | 16.574            | 23.489            |
| Apto bajo ciertas condiciones |                      | 10.330                            | 7.275             | 10.593            |
| Apto                          |                      | 4.939                             | 7.626             | 4.739             |
| <b>Total</b>                  |                      | <b>50.289</b>                     | <b>31.475</b>     | <b>38.821</b>     |
| <b>Grado de adecuación</b>    |                      | <b>Porcentaje de viviendas</b>    |                   |                   |
| No adecuado                   |                      | 70%                               | 53%               | 61%               |
| Apto bajo ciertas condiciones |                      | 20%                               | 23%               | 27%               |
| Apto                          |                      | 10%                               | 24%               | 12%               |

Estos resultados dan una idea general del porcentaje del territorio que podría ser apto para un sistema distrital convencional, en base a las densidades de demanda calculadas para cada manzana en el conjunto del mapa de demandas, distribuidas según la clasificación genérica de análisis preliminares recogida en la tabla siguiente:

**Tabla 11. Adecuación de proyectos según densidad térmica. Fuente: Manual de desarrollo de proyectos de energía distrital. EBP 2018**

| Adecuación para la conexión térmica | Densidad térmica de referencia (kWh/m <sup>2</sup> año) |
|-------------------------------------|---------------------------------------------------------|
| No adecuado                         | >50                                                     |
| Apto bajo ciertas condiciones       | 50-70                                                   |
| Adecuado                            | >70                                                     |

Sobre lo anterior, cabe destacar dos aspectos:

1. Los rangos son orientativos y su concreción dependerá mucho de los costos de inversión y operación, por lo que un proyecto que use calor residual puede ser viable aunque se encuentre en el rango del “No adecuado”



2. Disponer de mucha superficie o viviendas en rangos Aptos o Adecuados, tampoco significa que deba concretarse, dado que pueden ser clústers de demanda atomizados y alejados

## 7.2. RESULTADOS PARA TALCAHUANO

Talcahuano presenta en general una baja densidad de demanda promedio, dada su gran extensión y presencia de zonas no urbanizadas.

Aun así, se pueden observar tres zonas con una intensidad de demanda destacable, incluyendo áreas puntuales con demandas por sobre los 90kWh/m<sup>2</sup>, pero con zonas más o menos continuas con densidades comprendidas entre los 50 y los 90kWh/m<sup>2</sup>.

Respecto a las viviendas, aun cuando todavía no se han cuantificado el número de viviendas comprendidas en las zonas de alta densidad de demanda, podemos observar en el análisis global que un 10% de las mismas se encuentran en zonas “Adecuadas” y un 21% en zonas “Apto bajo ciertas condiciones”, categorías que suman más de 15.000 viviendas. Pero, además, si observamos la monótona de la densidad de demanda sobre el número de viviendas, podemos observar que existen otras 10.000 viviendas en zonas de densidad de demanda entre 40 y 50kWh/m<sup>2</sup>, lo que da un potencial de crecimiento muy importante si se logra un arrastre por agregación o por bajos costos de la energía útil.

Sobre la presencia de contaminantes, cabe destacar que las emisiones de material particulado se concentran en zonas de alta demanda pero cuando ésta es debida a la presencia de vivienda individual, mientras que observamos SOx tanto en zonas de casas como de edificios.

Tabla 12. Resultados numéricos para la comuna de Talcahuano

| Parámetro                     | Unidades             | Talcahuano                 |
|-------------------------------|----------------------|----------------------------|
| <b>Grado de adecuación</b>    |                      | <b>Superficie (m2)</b>     |
| No adecuado                   | m <sup>2</sup>       | 41.028.479                 |
| Apto bajo ciertas condiciones | m <sup>2</sup>       | 1.453.256                  |
| Apto                          | m <sup>2</sup>       | 548.881                    |
| <b>Total</b>                  | <b>m<sup>2</sup></b> | <b>43.766.851</b>          |
| <b>Grado de adecuación</b>    |                      | <b>Número de Viviendas</b> |
| No adecuado                   |                      | 35.020                     |
| Apto bajo ciertas condiciones |                      | 10.330                     |
| Apto                          |                      | 4.939                      |
| <b>Total</b>                  |                      | <b>50.289</b>              |



| Grado de adecuación           | Porcentaje de viviendas |
|-------------------------------|-------------------------|
| No adecuado                   | 70%                     |
| Apto bajo ciertas condiciones | 20%                     |
| Apto                          | 10%                     |

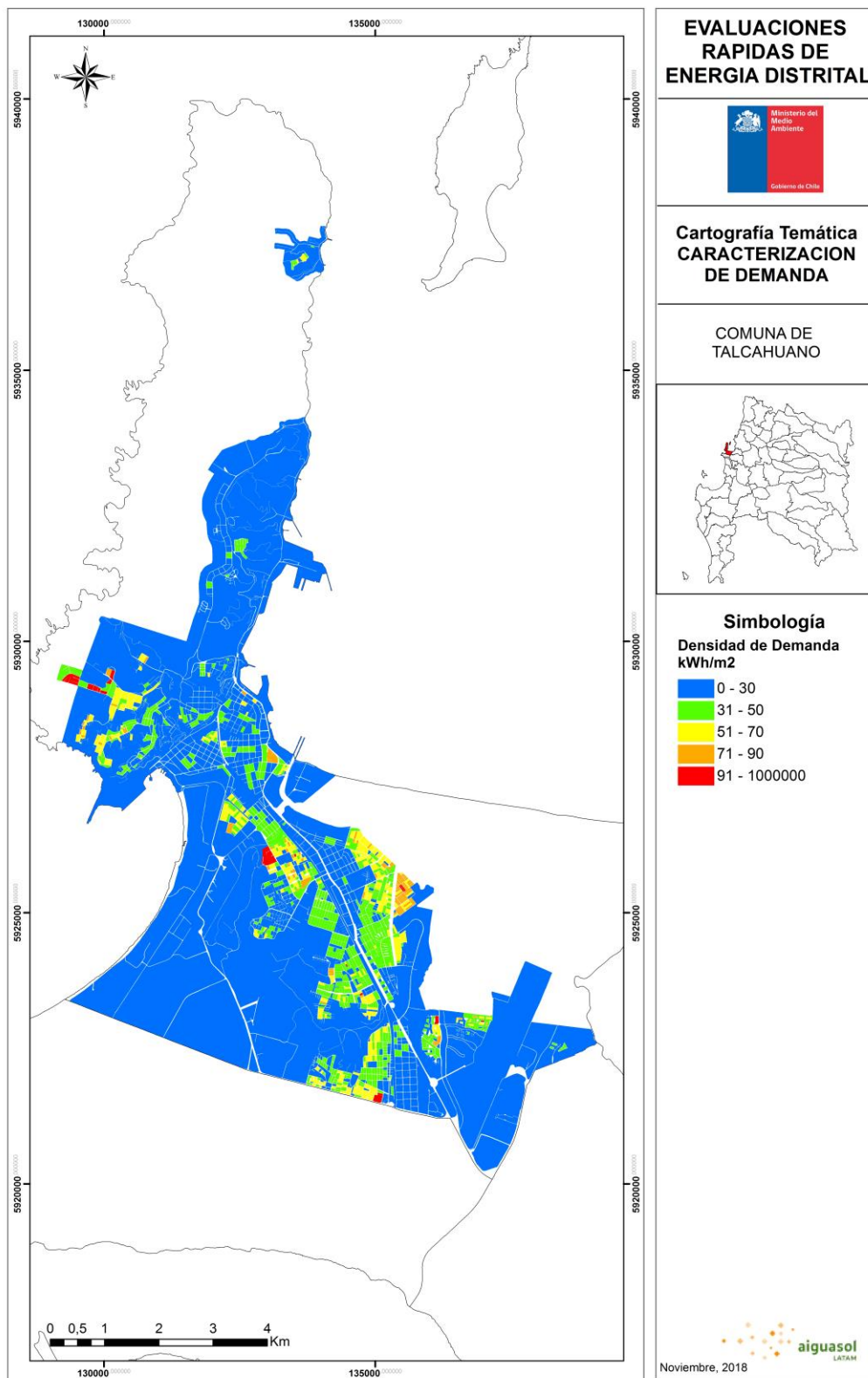


Ilustración 10. Mapa general de demanda de calor Talcahuano

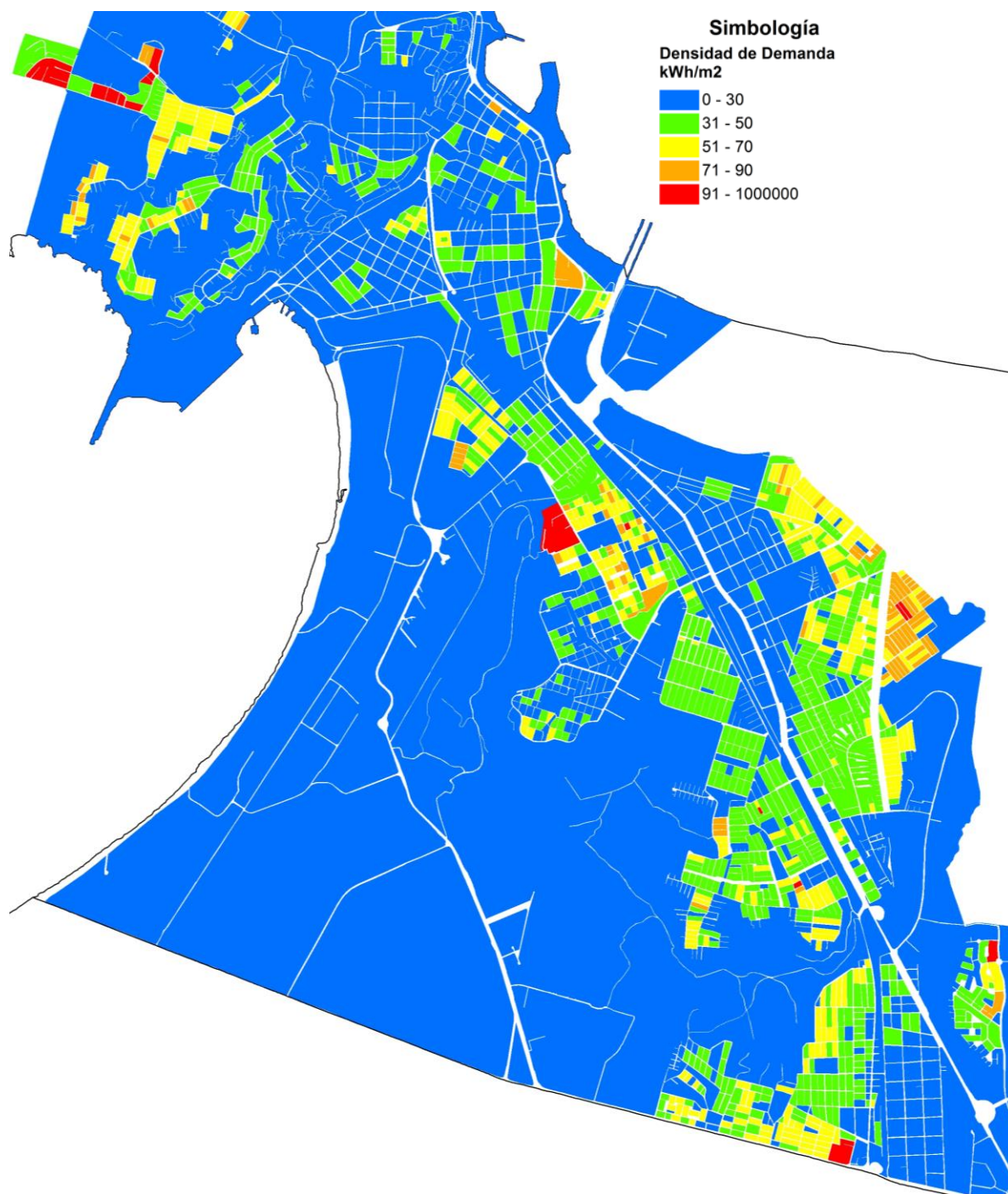
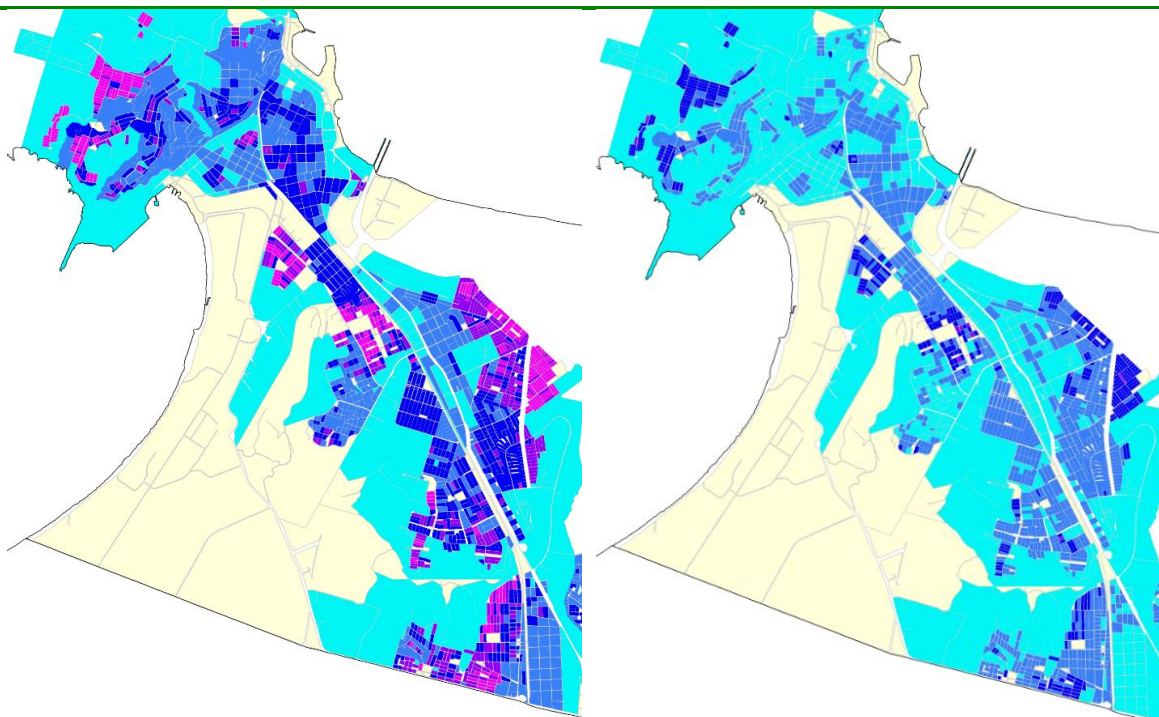


Ilustración 11. Zoom de zonas de interés de mapa de demanda de calor Talcahuano



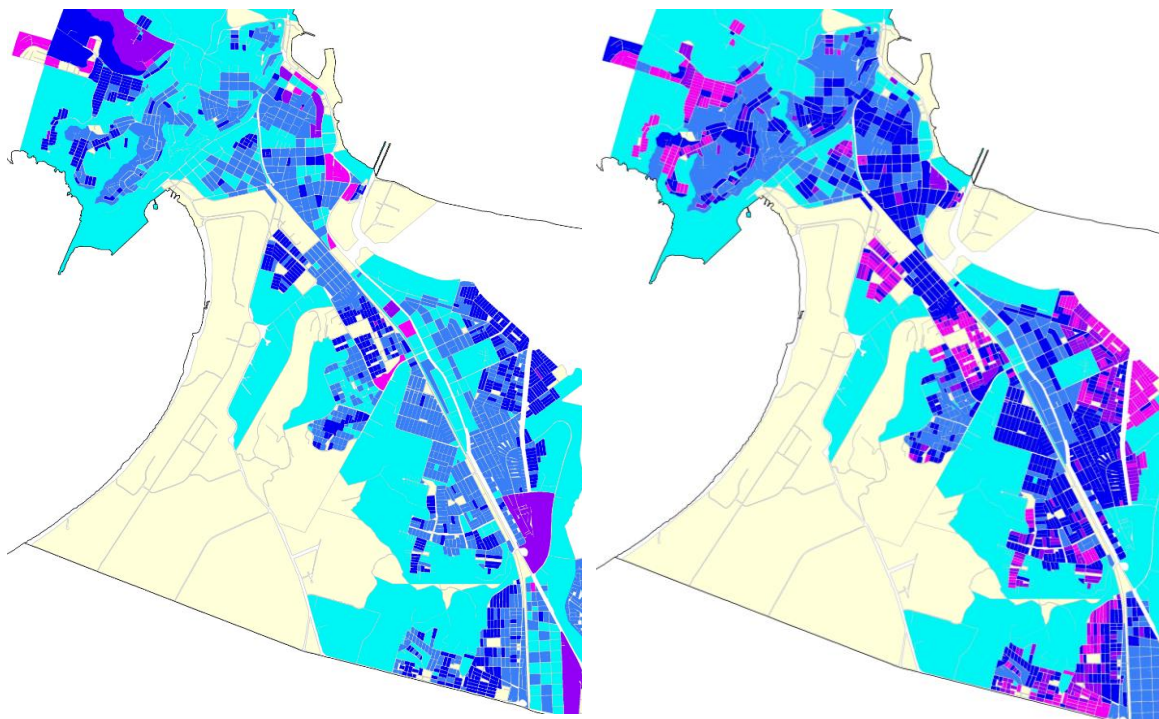


Ilustración 12. Imágenes orientativas de mapas de contaminantes (ver anexo de cartografía para detalle)



PM10

PM2,5



SOx

NOx

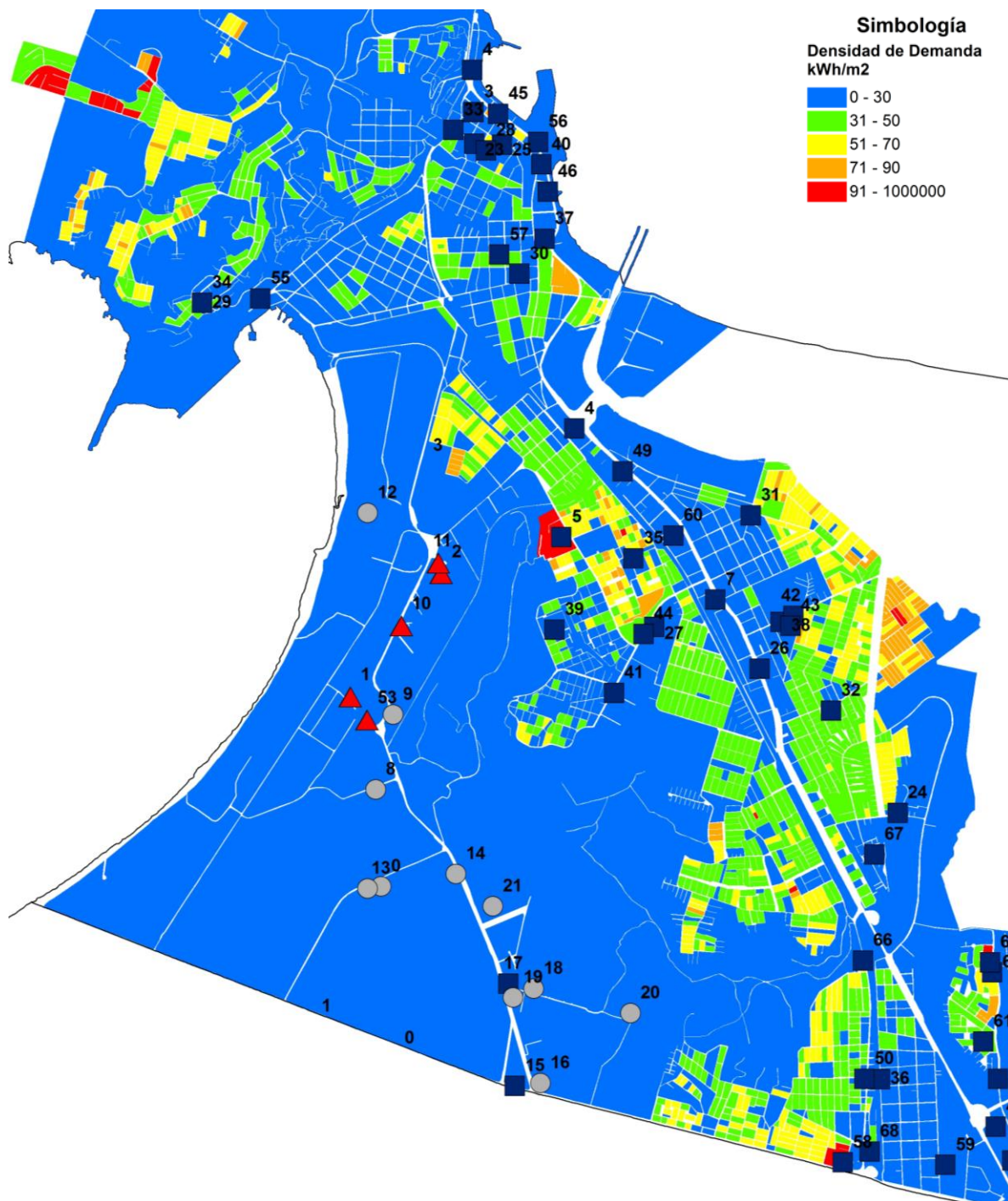


Ilustración 13. Zoom de zonas de interés de mapa de demanda de calor Talcahuano, con actores singulares



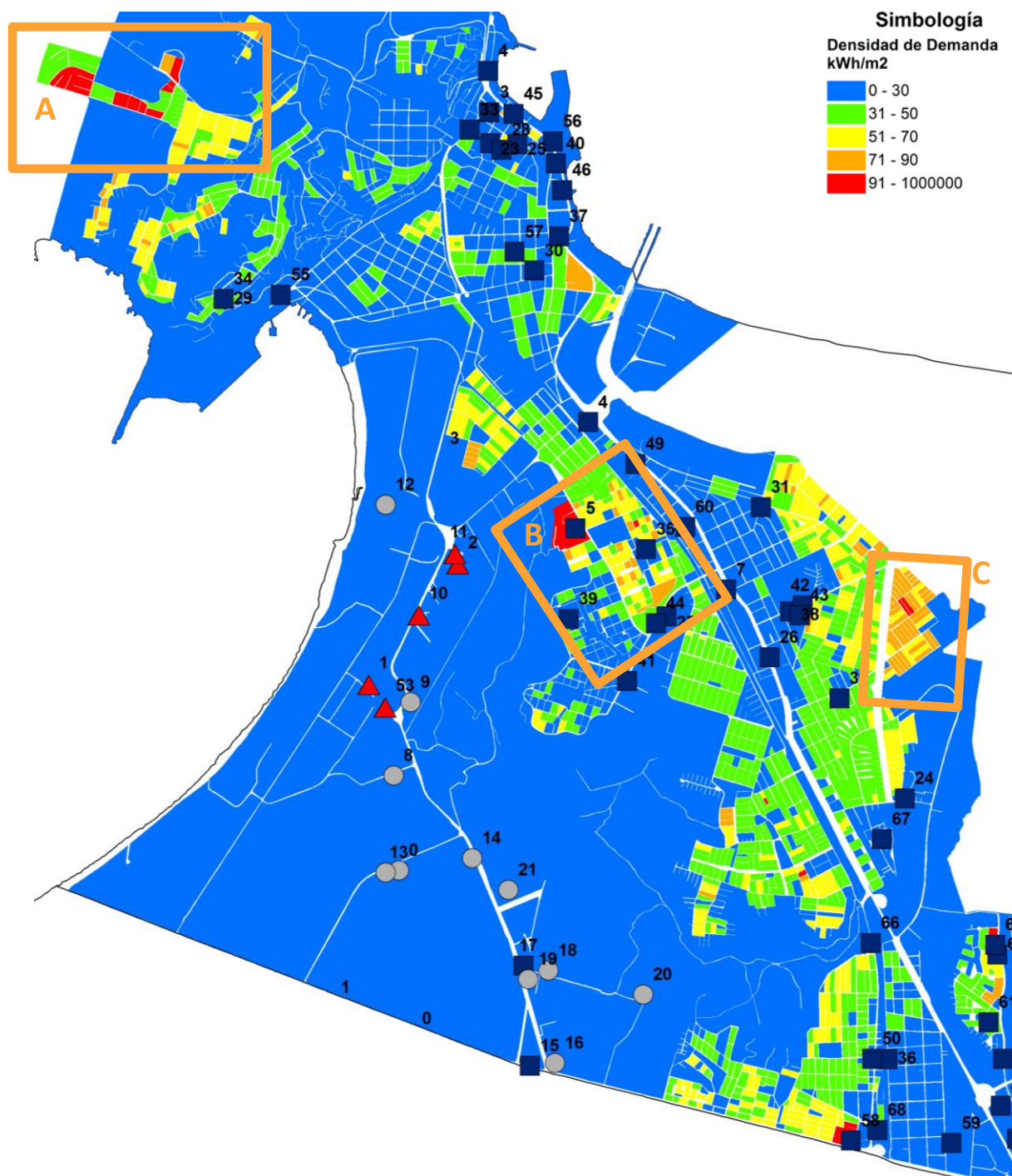


Ilustración 14. Zoom de zonas de interés de mapa de demanda de calor Talcahuano, con actores singulares y zonas de interés



Tabla 13. Leyenda de actores singulares de Talcahuano

| ID | Nombre                             | ID | Nombre                                    | ID | Nombre                                                            |
|----|------------------------------------|----|-------------------------------------------|----|-------------------------------------------------------------------|
| 0  | Industria                          | 23 | Ilustre Municipalidad de Talcahuano       | 46 | Liceo Almirante Pedro Espina Ritchie                              |
| 1  | Industria                          | 24 | Colegio Adventista De Talcahuano          | 47 | UNAB - Campus Concepción                                          |
| 2  | Mall Plaza Trébol                  | 25 | Colegio Etchegoyen - Talcahuano           | 48 | Universidad Tecnológica de Chile - Inacap                         |
| 3  | Portal Talcahuano                  | 26 | Colegio Santa Bernardita                  | 49 | Universidad Católica de la Santísima Concepción - Sede Talcahuano |
| 4  | Base Naval Talcahuano              | 27 | Colegio Espíritu Santo                    | 50 | Strip Center Colón                                                |
| 5  | Hospital las Higueras              | 28 | Colegio de la Inmaculada Concepción       | 51 | Versluys Autopista Talcahuano Concepción                          |
| 6  | Hospital Naval                     | 29 | Colegio San Francisco                     | 52 | Aeropuerto Carriel Sur                                            |
| 7  | Hospital Clínico IST Talcahuano    | 30 | Colegio Nahuelquín                        | 53 | Siderúrgica Huachipato CAP                                        |
| 8  | Edyce                              | 31 | Escuela Básica F 509 Manuel Montt         | 54 | Casino Marina del Sol Talcahuano                                  |
| 9  | INCHALAM S.A.                      | 32 | Colegio Cruz Del Sur                      | 55 | SVTI Terminal Internacional S.A.                                  |
| 10 | Moly-Cop Chile                     | 33 | Escuela México Estado de Guerrero (F-482) | 56 | Talcahuano Terminal Portuario                                     |
| 11 | Cementos Bio Bio S.A.C I           | 34 | Colegio San Francisco                     | 57 | CFT Pro Andes Talcahuano                                          |
| 12 | Planta De Coque                    | 35 | Escuela Las Higueras                      | 58 | Condominio Jardines del Sur                                       |
| 13 | Planta industrial Oxy Chile        | 36 | Escuela D-461 "Santa Leonor"              | 59 | Fuentes de Santa Leonor                                           |
| 14 | Parque Empresarial del Bio Bio S A | 37 | Liceo Técnico de Talcahuano (C-25)        | 60 | Portal Colon                                                      |
| 15 | Coca Cola Embonor S.A.             | 38 | Liceo Comercial de Talcahuano             | 61 | Condominio Mirador del Sol                                        |
| 16 | Gas Sur S.A. (Talcahuano)          | 39 | Liceo La Asunción                         | 62 | Condominio Parque Marina Sur                                      |
| 17 | Cerveceria Chile S A               | 40 | Liceo A-21                                | 63 | Condominio Parque Marina Norte                                    |
| 18 | Orizon SA                          | 41 | Liceo Industrial Juan Antonio Ríos        | 64 | Edificio Barlovento                                               |
| 19 | INDURA Talcahuano                  | 42 | liceo Polivalente de talcahuano           | 65 | Condominio Parque Marina Oriente                                  |
| 20 | Forestal Comaco S.A.               | 43 | Liceo Las Salinas                         | 66 | Portal Santa María                                                |
| 21 | GASCO Glp S.A Planta BIO-BIO       | 44 | Liceo Técnico Profesional Espíritu Santo  | 67 | Jardín del Sol                                                    |
| 22 | Clínica Biobío                     | 45 | Liceo tecnico C-25                        | 68 | Jardines de Colón                                                 |

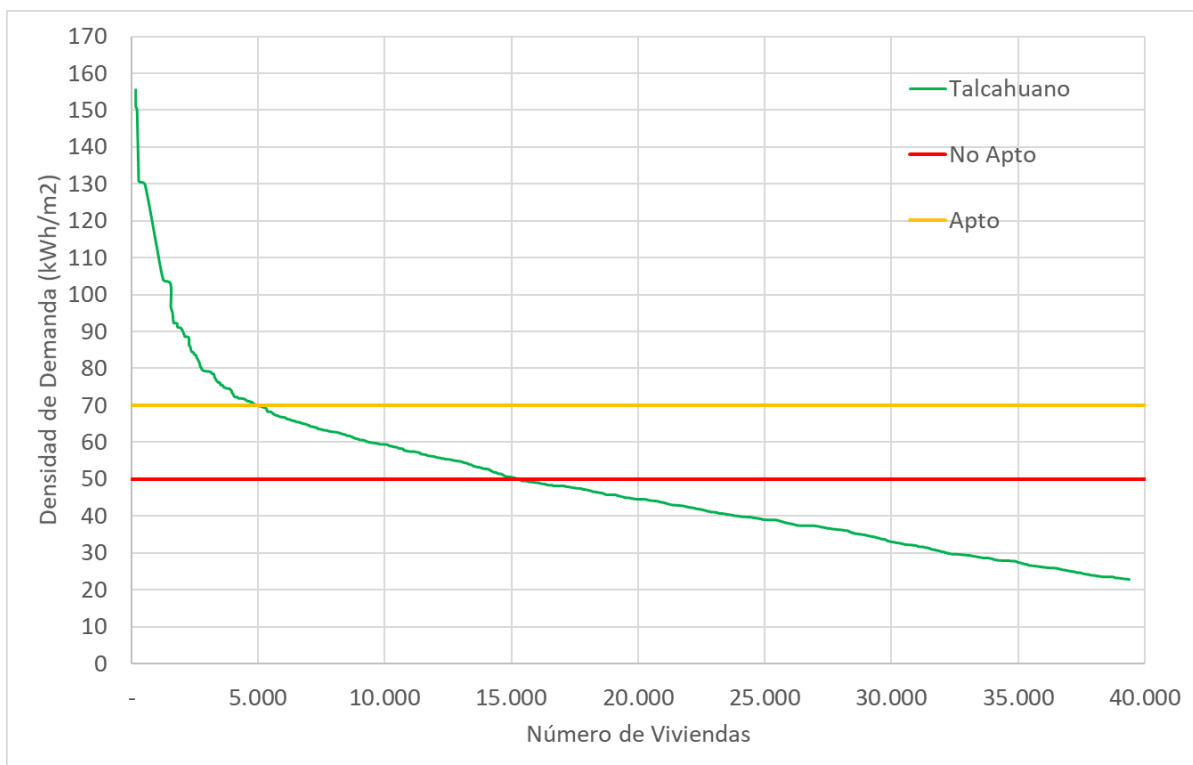


Ilustración 15. Monótona de densidades de demanda para Talcahuano

Cabe destacar que la zona B es la más cercana a las fuentes de energía residual, especialmente a CAP Huachipato, y que no está demasiado alejada de la zona C, con un tamaño mucho mayor, por lo que



podría tener sentido un proyecto que partiera por B con la proyección de absorber C, si se basa en el uso de calor residual, mientras que si no se diera esta posibilidad, sería más razonable hacerlo al revés, partiendo por C para llegar a absorber B con el tiempo. No hay calor residual en las proximidades de A ni de C

A nivel de consumidores singulares, la zona B incluye:

- Hospital las Higueras
- Hospital Naval
- Universidad Católica de la Santísima Concepción
- Escuela Las Higueras
- Liceo Técnico Profesional Espíritu Santo
- Colegio Espíritu Santo
- Liceo La Asunción
- Club Deportivo Huachipato (cercano)
- Blumar (cercano)

Mientras que la zona C incluye:

- Hospital Clínico IST Talcahuano
- CESFAM,
- Universidad Católica
- Escuela Básica F 509 Manuel Montt
- Liceo Comercial de Talcahuano
- liceo Polivalente de Talcahuano
- Liceo Las Salinas
- Colegio Adventista De Talcahuano
- Colegio Santa Bernardita
- Colegio Cruz Del Sur
- eje Colón/Las Hortensias, con tendencia densificarse en altura en los próximos años.

La zona A tendría poco sentido por su excesiva distancia al resto de focos de demanda importantes.



### 7.3. RESULTADOS PARA HUALPÉN

La comuna de Hualpén es la que presenta zonas que aparentan densidades de demanda más elevadas de forma focalizada, pero, además, en general es la que presenta más zonas con densidades de demanda interesantes en proporción a su territorio.

Esto se debe, entre otras cosas, a que es la comuna más densa. De hecho, si observamos la monótona, podemos observar que por sobre una densidad de demandas 50kWh/m<sup>2</sup> se encuentran más del 50%.

Aun cuando todavía no se han cuantificado el número de viviendas comprendidas en las zonas de alta densidad de demanda, podemos observar en el análisis global que un 24% de las mismas se encuentran en zonas “Adecuadas” y un 23% en zonas “Apto bajo ciertas condiciones”, categorías que suman casi 15.000 viviendas. Pero, además, si observamos la monótona de la densidad de demanda sobre el número de viviendas, podemos observar que existen otras 7.5000 viviendas en zonas de densidad de demanda entre 40 y 50kWh/m<sup>2</sup>, lo que da un potencial de crecimiento muy importante si se logra un arrastre por agregación o por bajos costos de la energía útil.

Sobre la presencia de contaminantes, cabe destacar que las emisiones de material particulado se concentran en zonas de alta demanda, pero cuando ésta es debida a la presencia de vivienda individual, mientras que observamos SO<sub>x</sub> tanto en zonas de casas como de edificios.

**Tabla 14. Resultados numéricos para la comuna de Hualpén**

| Parámetro                     | Unidades             | Hualpén                           |
|-------------------------------|----------------------|-----------------------------------|
| <b>Grado de adecuación</b>    |                      | <b>Superficie (m<sup>2</sup>)</b> |
| No adecuado                   | m <sup>2</sup>       | 12.532.454                        |
| Apto bajo ciertas condiciones | m <sup>2</sup>       | 1.029.794                         |
| Apto                          | m <sup>2</sup>       | 731.889                           |
| <b>Total</b>                  | <b>m<sup>2</sup></b> | <b>14.294.137</b>                 |
| <b>Grado de adecuación</b>    |                      | <b>Número de Viviendas</b>        |
| No adecuado                   |                      | 16.574                            |
| Apto bajo ciertas condiciones |                      | 7.275                             |
| Apto                          |                      | 7.626                             |
| <b>Total</b>                  |                      | <b>31.475</b>                     |
| <b>Grado de adecuación</b>    |                      | <b>Porcentaje de viviendas</b>    |
| No adecuado                   |                      | 53%                               |
| Apto bajo ciertas condiciones |                      | 23%                               |
| Apto                          |                      | 24%                               |

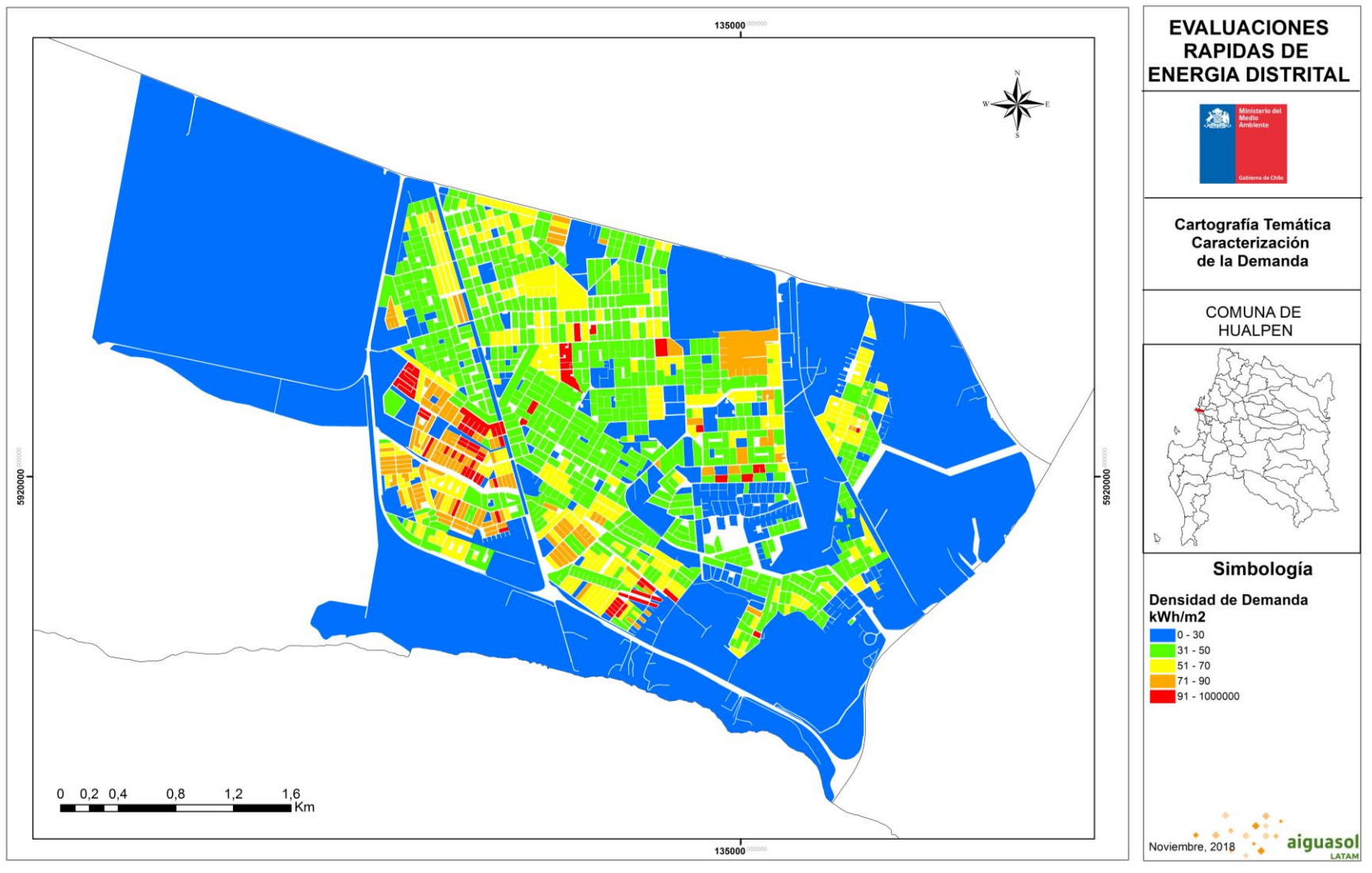


Ilustración 16. Mapa general de demanda de calor Hualpén



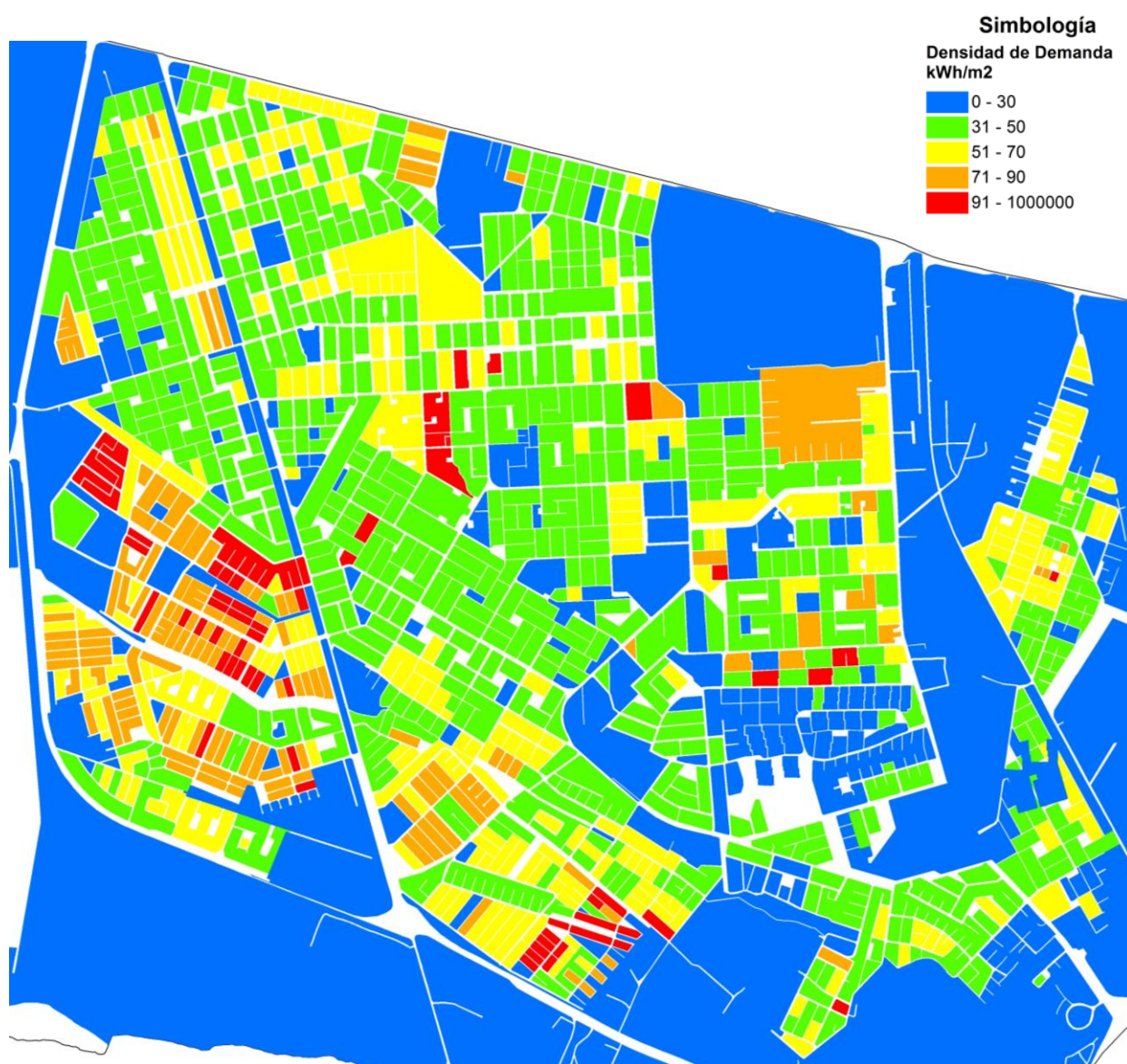
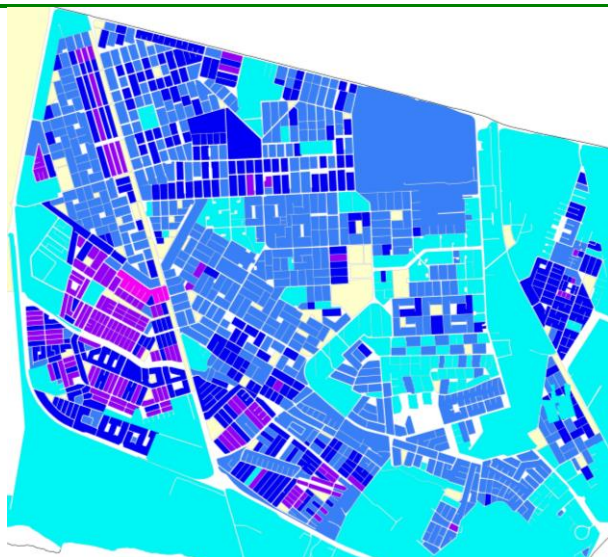


Ilustración 17. Zoom de zonas de interés de mapa de demanda de calor de Hualpén

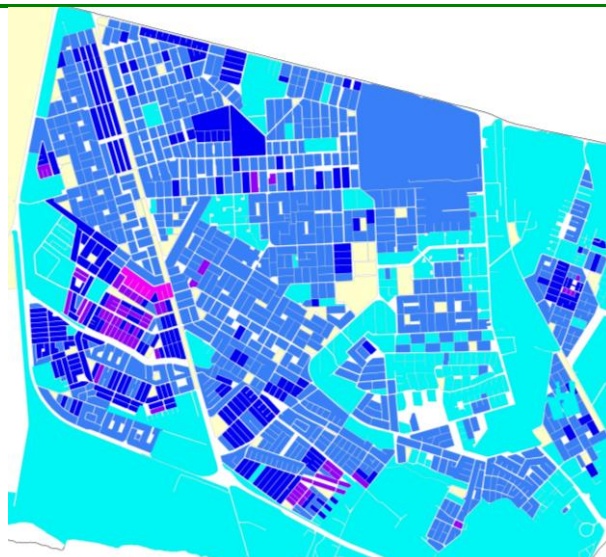




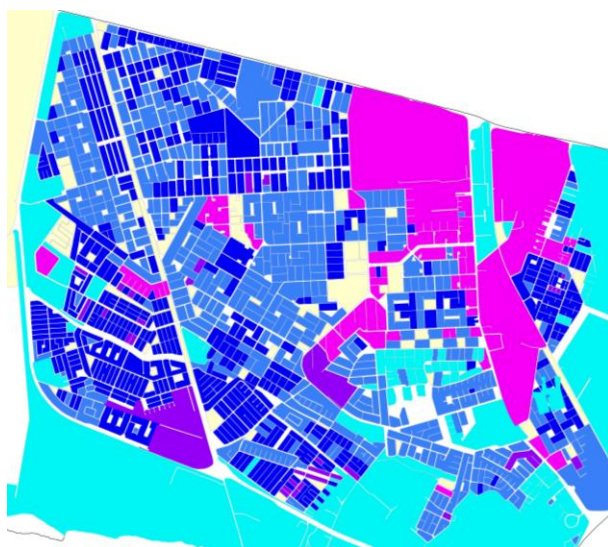
Ilustración 18. Imágenes orientativas de mapas de contaminantes (ver anexo de cartografía para detalle)



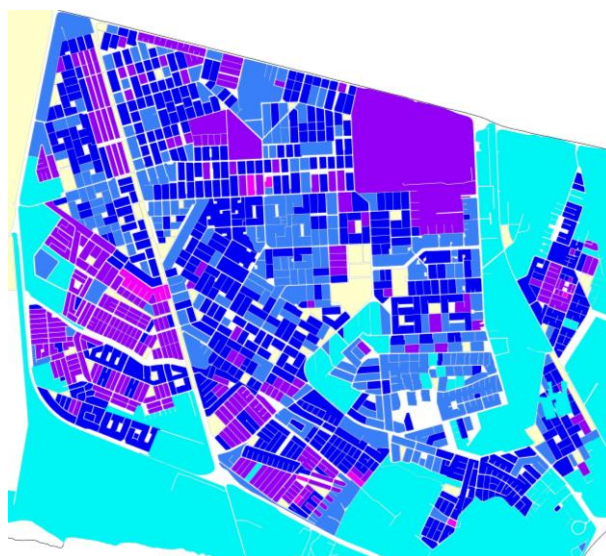
PM10



PM2,5



SOx



NOx

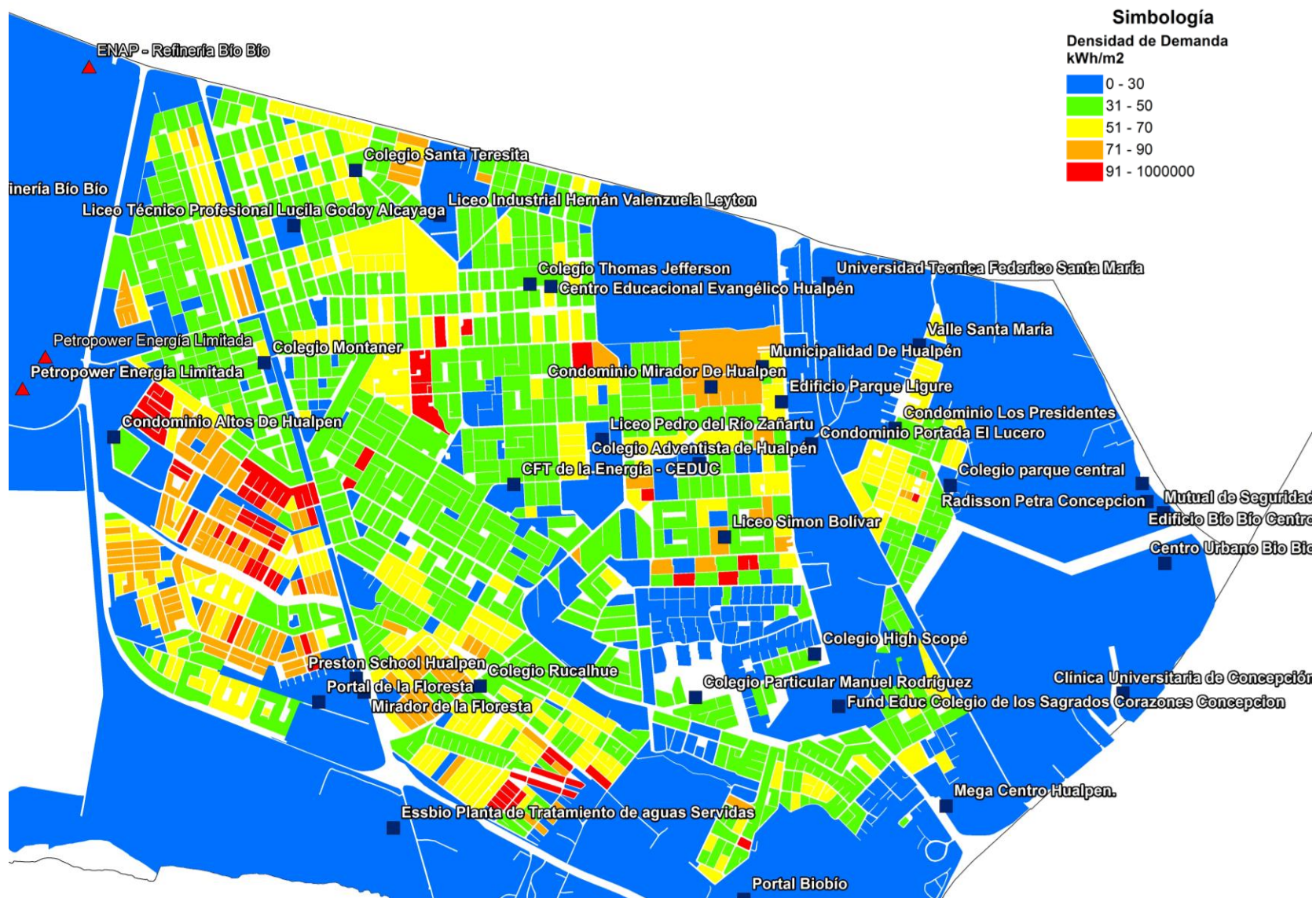
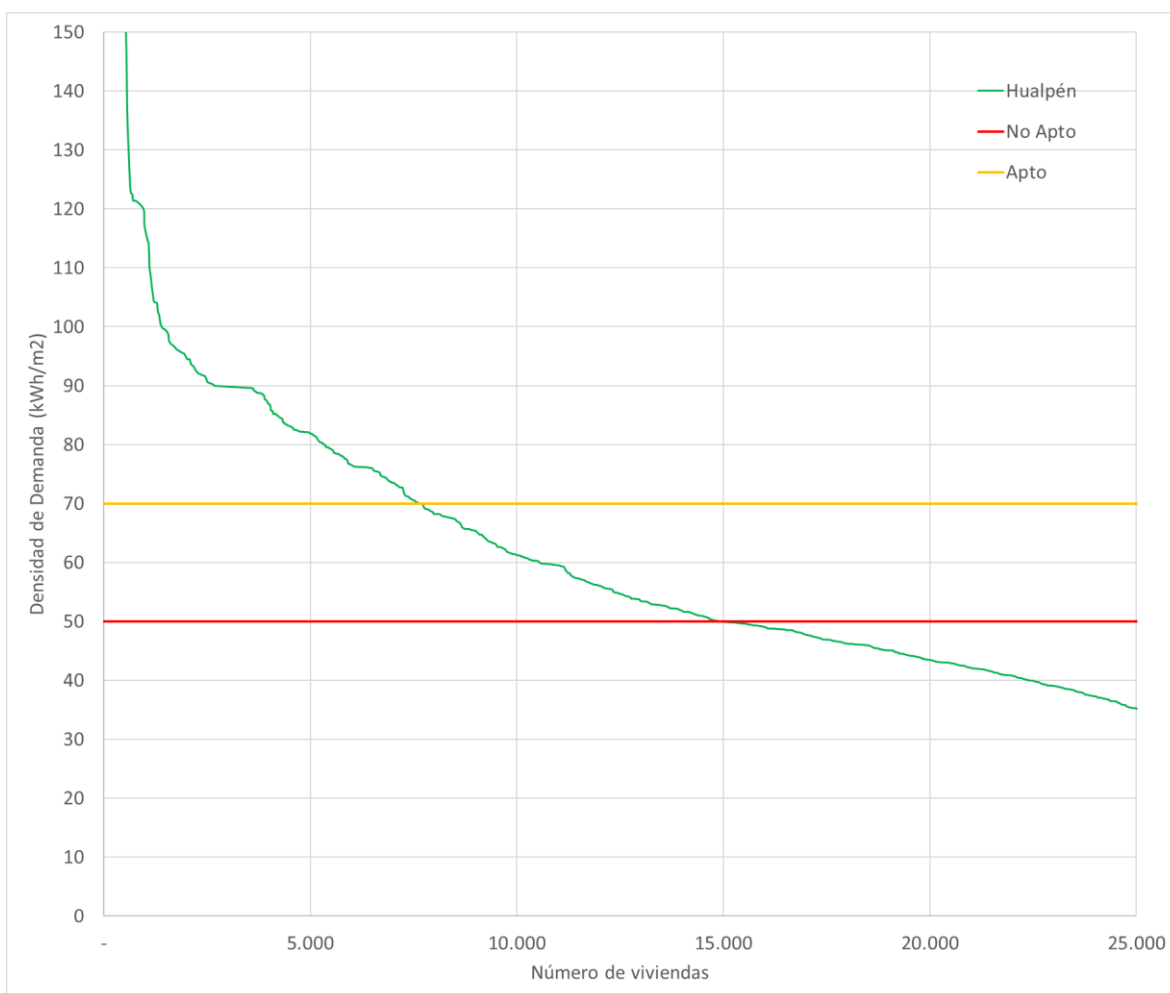


Ilustración 19. Zoom de zonas de interés de mapa de demanda de calor de Hualpén, con actores singulares







**Ilustración 21. Monótona de densidades de demanda para Hualpén**

Dentro de esta mayor viabilidad general, destacan igualmente tres zonas, una de las cuales cercana a Petropower, uno de los puntos con potencial de recuperación de calor.

La zona A de, la más cercana a Petropower, es una zona esencialmente residencial con un par de escuelas y algún edificio en altura como singularidades, pero cuya densidad de demanda y proximidad al calor residual la hace muy interesante para un desarrollo inicial, a pesar de no contar con clientes ancla. Cabe añadir que esta zona es colindante con la zona de desarrollo urbano previsto más allá de la Costanera.

La zona B reúne unas características muy similares a la A, aunque de menor tamaño, sin Petropower y con algunas escuelas, pero también sin ningún cliente ancla significativo.

Por su parte, la zona C, presenta menores densidades de demanda, pero tiene clientes ancla que la pueden hacer interesante a ojos de los desarrolladores del proyecto, como la Universidad Federico Santa María, la Municipalidad, varios condominios, colegios y una relativa proximidad a la Clínica Universitaria. Como hándicap se encuentra alejada del resto de zonas de demanda y del calor residual.



## 7.4. RESULTADOS PARA CORONEL

Coronel presenta, como Talcahuano, una baja densidad de demanda, derivada de una baja ocupación del territorio y de un urbanismo en el que prácticamente no existen edificios en altura.

Aun así, cabe destacar que existen zonas con una importante densidad de demanda, incluyendo áreas puntuales con demandas por sobre los 90kWh/m<sup>2</sup>, pero con zonas más o menos continuas con densidades comprendidas entre los 50 y los 90kWh/m<sup>2</sup>.

Respecto a las viviendas, aun cuando todavía no se han cuantificado el número de viviendas comprendidas en las zonas de alta densidad de demanda, podemos observar en el análisis global que un 12% de las mismas se encuentran en zonas “Adecuadas” y un 27% en zonas “Apto bajo ciertas condiciones”, categorías que suman más de 15.000 viviendas. Pero, además, si observamos la monótona de la densidad de demanda sobre el número de viviendas, podemos observar que existen otras 5.000 viviendas en zonas de densidad de demanda entre 40 y 50kWh/m<sup>2</sup>, lo que da un potencial de crecimiento muy importante si se logra un arrastre por agregación o por bajos costos de la energía útil.

Tabla 15. Resultados numéricos para la comuna de Coronel

| Parámetro                     | Unidades             | Coronel                        |
|-------------------------------|----------------------|--------------------------------|
| <b>Grado de adecuación</b>    |                      | <b>Superficie (m2)</b>         |
| No adecuado                   | m <sup>2</sup>       | 36.029.491                     |
| Apto bajo ciertas condiciones | m <sup>2</sup>       | 1.542.462                      |
| Apto                          | m <sup>2</sup>       | 503.721                        |
| <b>Total</b>                  | <b>m<sup>2</sup></b> | <b>38.075.674</b>              |
| <b>Grado de adecuación</b>    |                      | <b>Número de Viviendas</b>     |
| No adecuado                   |                      | 23.489                         |
| Apto bajo ciertas condiciones |                      | 10.593                         |
| Apto                          |                      | 4.739                          |
| <b>Total</b>                  |                      | <b>38.821</b>                  |
| <b>Grado de adecuación</b>    |                      | <b>Porcentaje de viviendas</b> |
| No adecuado                   |                      | 61%                            |
| Apto bajo ciertas condiciones |                      | 27%                            |
| Apto                          |                      | 12%                            |





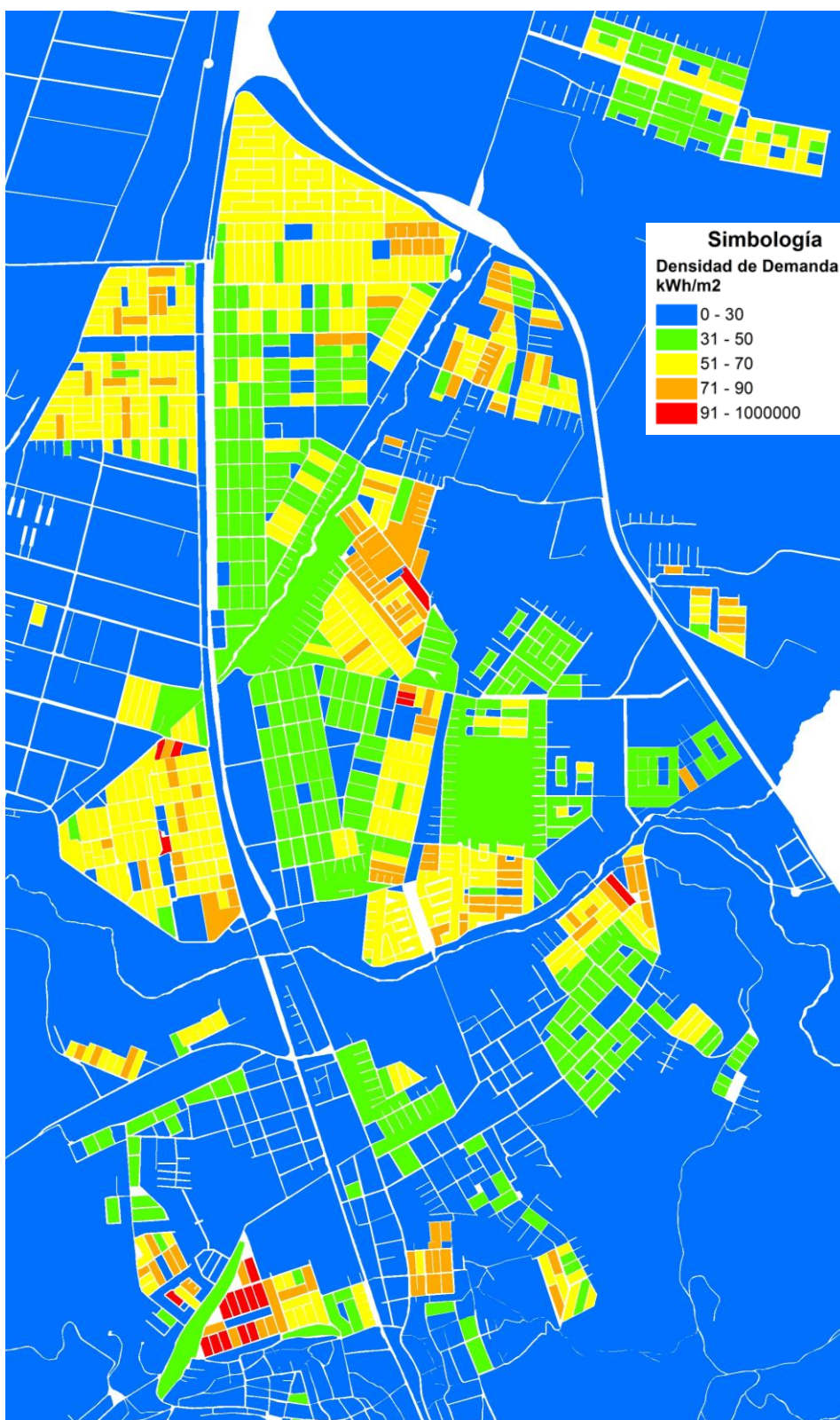
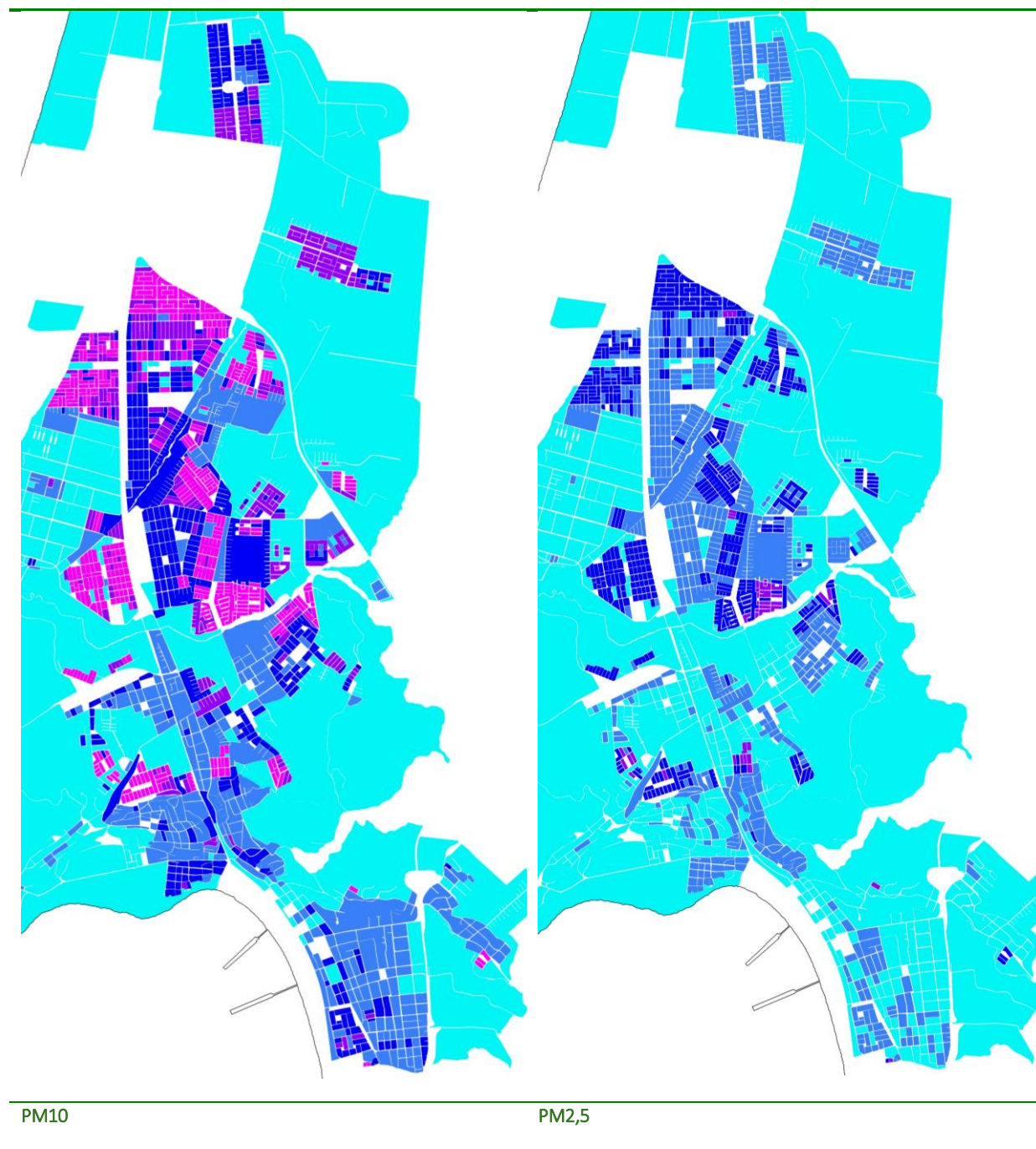


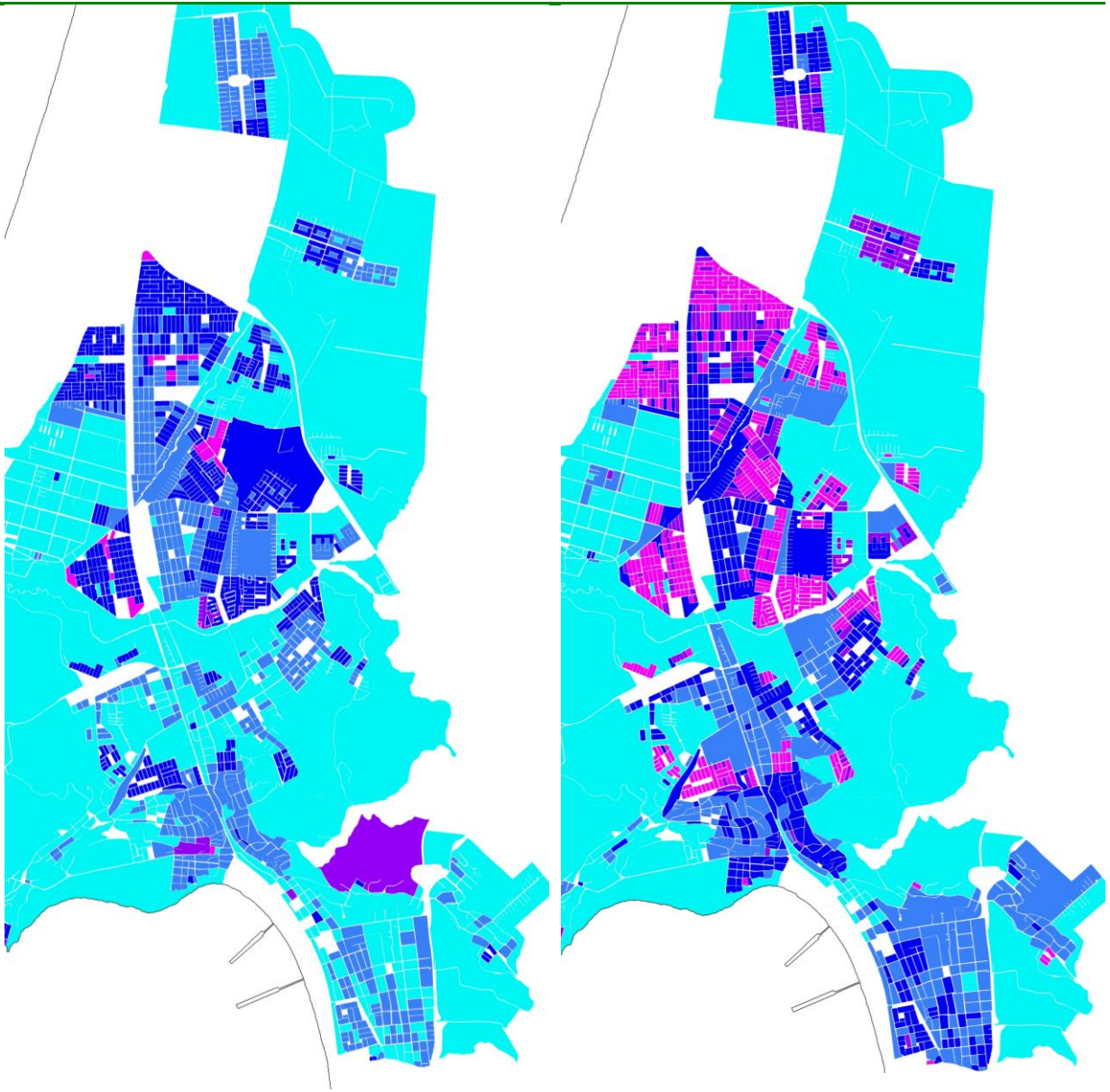
Ilustración 23. Zoom de zonas de interés de mapa de demanda de calor de Coronel





Ilustración 24. Imágenes orientativas de mapas de contaminantes (ver anexo de cartografía para detalle)





SOx

NOx



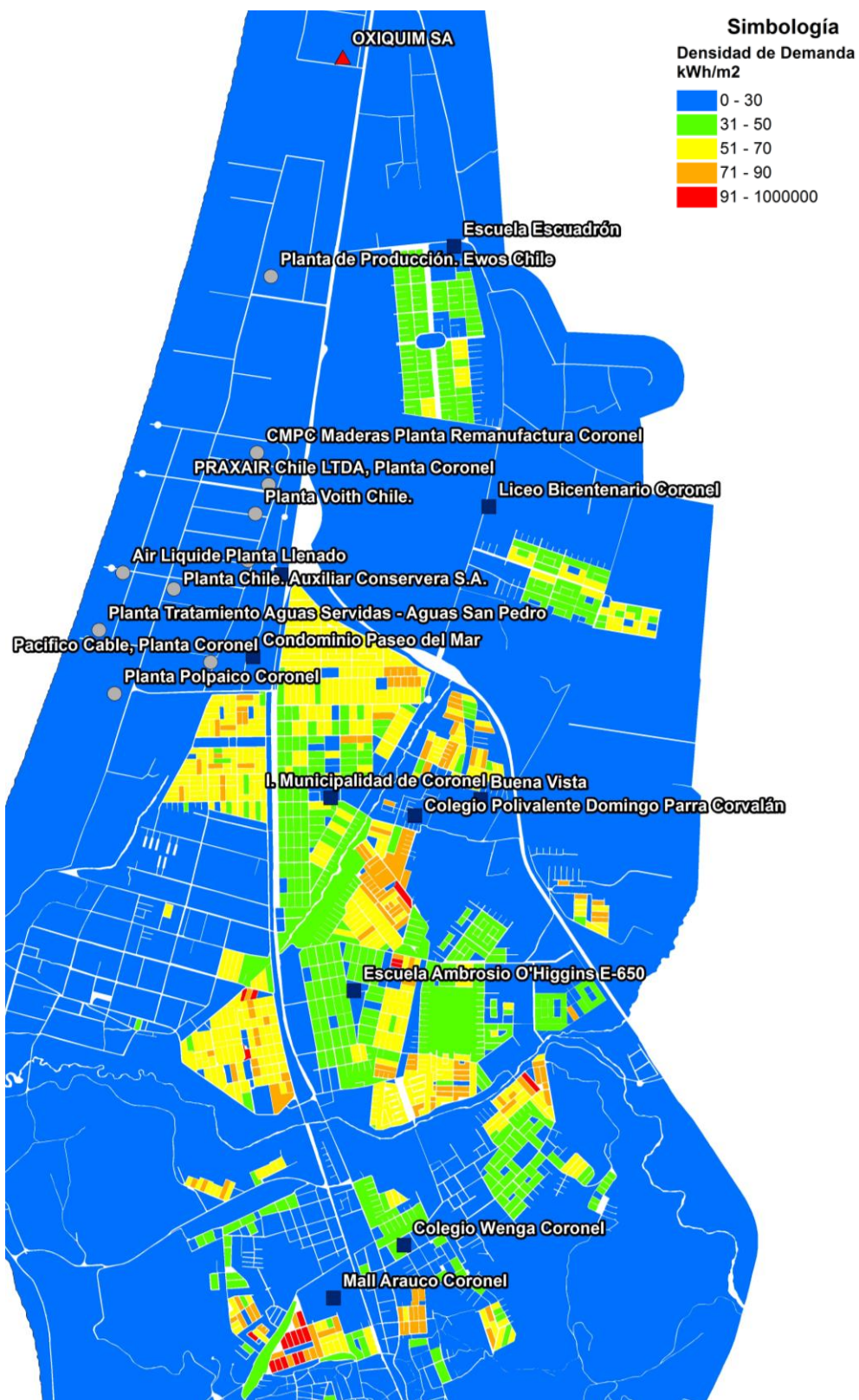


Ilustración 25. Zoom de zonas de interés de mapa de demanda de calor de Coronel, con actores singulares



Coronel presenta 5 zonas con densidades de demanda continua más o menos elevadas, pero en general pequeñas y alejadas las unas de las otras.

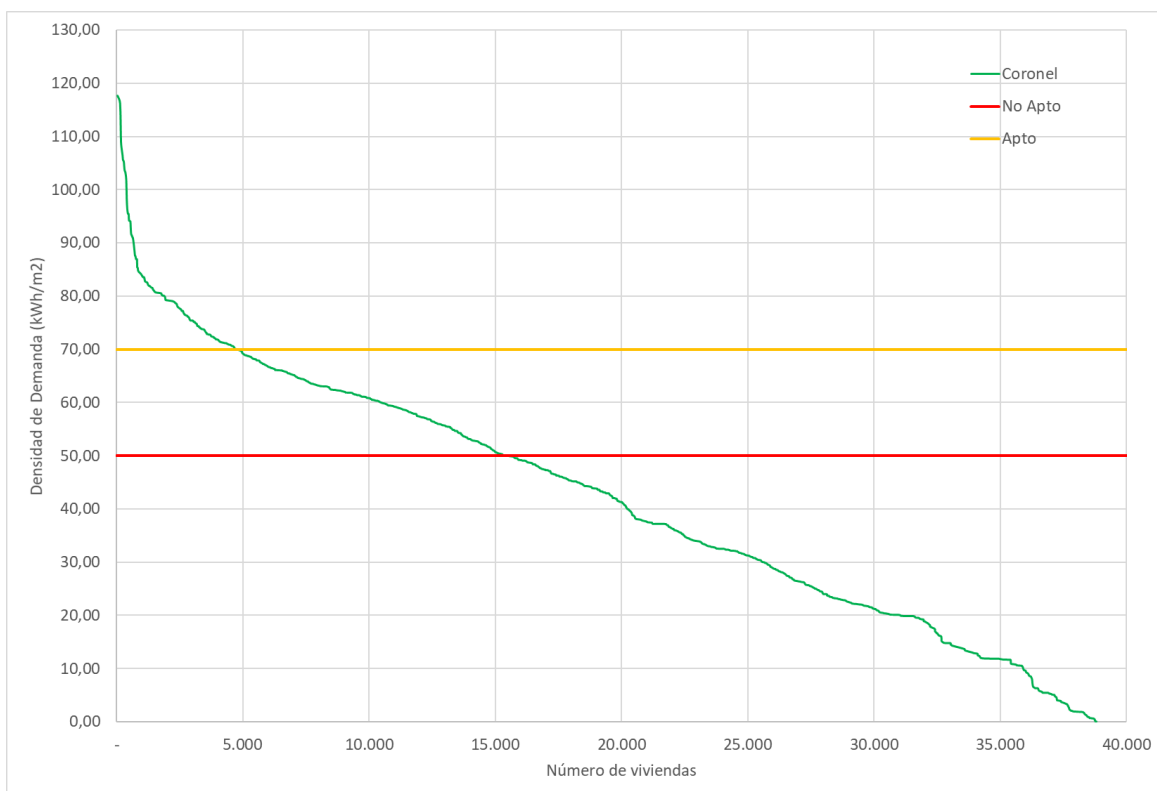
De las zonas identificadas, la que presenta mayor densidad es la zona E, muy cercana a la industria, incluye el Mall Arauco, pero está muy desconectada del resto de zonas con densidad de demanda y no tiene cerca fuentes de calor residual.

Por el contrario, en el extremo opuesto, la zona A es de gran tamaño y contiene varios consumidores que podrían considerarse ancla: SICAT, UDT, Liceo Técnico, Buena Vista y Auxiliar Conservera S.A.

Sobre esta zona A, cabe destacar que se encuentra colindante a la zona de expansión urbana noreste, por lo que su demanda y tamaño se vería incrementado de forma substancial y planificada en los próximos años.

Finalmente, la zona A se encuentra a unos 3km de Oxiquim, una de las industrias con disponibilidad de calor residual.

Las zonas B (aunque esta cuenta con el Colegio Polivalente Domingo Parra Corvalán), C y D son zonas residenciales las que parecieran deberían tener un rol más probable de zona de ampliación de A, que de cuna de nacimiento del proyecto de red distrital



**Ilustración 26. Monótona de densidades de demanda para Coronel**

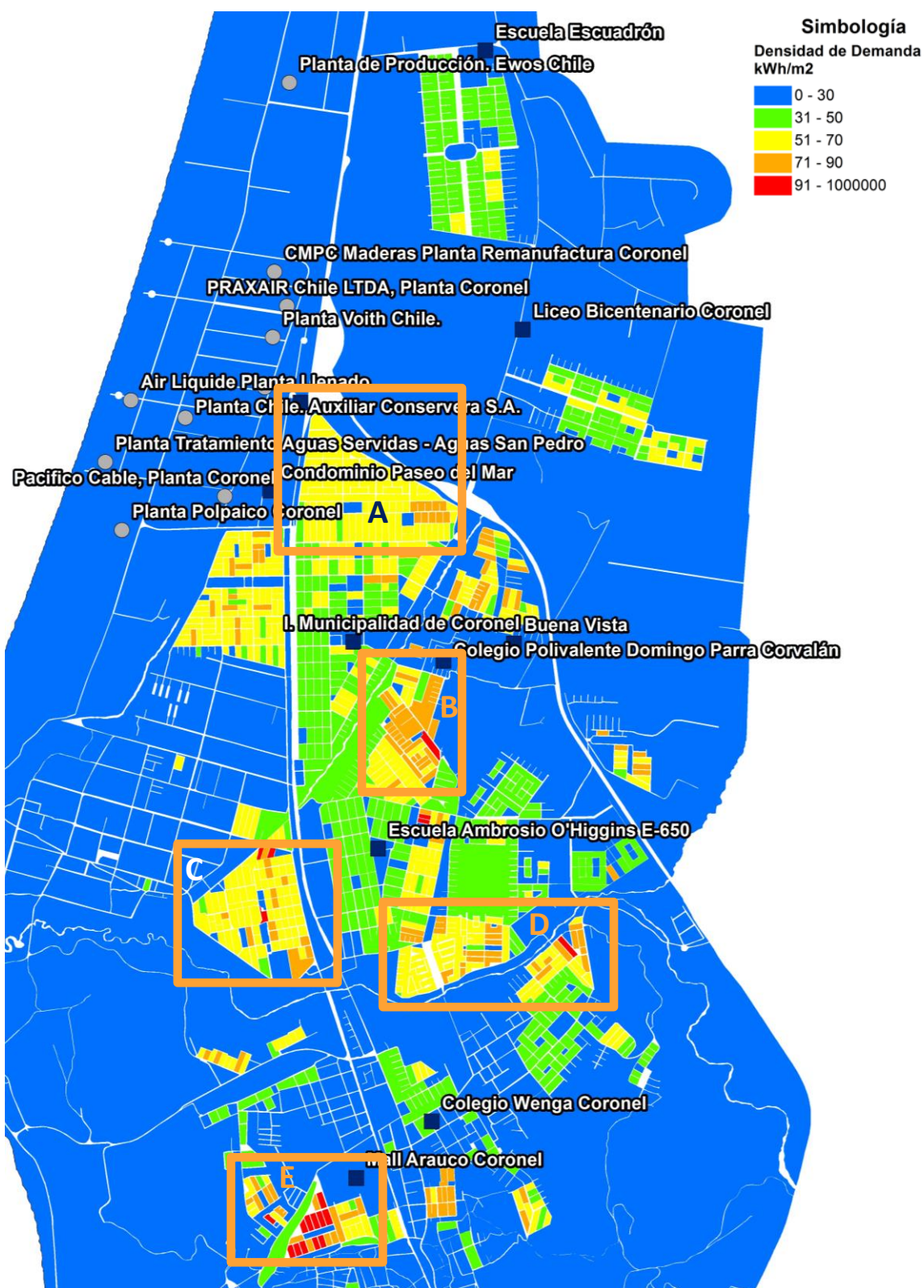


Ilustración 27. Zoom de zonas de interés de mapa de demanda de calor Coronel, con actores singulares y zonas de interés









Ilustración 29. Visión general del ámbito del proyecto de Talcahuano

El proyecto propuesto para Talcahuano, con una potencia térmica pico de 26 MWth, se basa en una central térmica aledaña al Hospital las Higueras, alimentada con gas mezcla y gas alto horno provenientes de CAP a través de un gaseoducto construido ad-hoc para ello a lo largo de la calle Gran Bretaña.

Tabla 16. Resumen parámetros descriptivos del caso base para el proyecto de Talcahuano

| Descripción                   | Unidad | Valor      |
|-------------------------------|--------|------------|
| Potencia Edificios Singulares | kW     | 3.926,12   |
| Potencia Viviendas            | kW     | 21.937,52  |
| N° Casas 1                    |        | 463,00     |
| N° Casas 2                    |        | 1.120,00   |
| N° Casas 3                    |        | 572,00     |
| Nº Casas Total                |        | 2.155,00   |
| Nº Departamentos              |        | 291,00     |
| Nº Total de Viviendas         |        | 2.446,00   |
| Nº Edificios                  |        | 11,00      |
| Área Casas (m2)               | m2     | 109.011,20 |



| Descripción                         | Unidad    | Valor     |
|-------------------------------------|-----------|-----------|
| Demanda Calefacción Edificios       | MWh       | 3.170,83  |
| Demanda Calefacción Casas           | MWh       | 15.724,88 |
| Demanda Calefacción Residencial     | MWh       | 18.895,71 |
| Demanda ACS Residencial             | MWh       | 3.976,53  |
| Demanda Singulares                  | MWh       | 8.859,07  |
| Demanda Total                       | MWh       | 35.608,71 |
| Emisiones PM10                      | kg/año    | 53.103,27 |
| Emisiones PM2,5                     | kg/año    | 49.427,24 |
| Emisiones SOx                       | kg/año    | 1.652,94  |
| Emisiones NOx                       | kg/año    | 9.478,82  |
| Factura Leña Residencial            | MMCLP/año | 471,26    |
| Factura Parafina Residencial        | MMCLP/año | 211,61    |
| Factura ACS Residencial (GLP)       | MMCLP/año | 425,14    |
| Factura Energía Térmica Residencial | MMCLP/año | 1.108,01  |
| Factura Leña Residencial            | CLP/kWh   | 25        |
| Factura Parafina Residencial        | CLP/kWh   | 67        |
| Factura ACS Residencial (GLP)       | CLP/kWh   | 107       |
| Factura Energía Térmica Residencial | CLP/kWh   | 48        |
| Factura Leña Residencial            | CLP/viv   | 218.681   |
| Factura Parafina Residencial        | CLP/viv   | 727.170   |
| Factura ACS Residencial (GLP)       | CLP/viv   | 173.811   |

### 8.1.2. CARACTERIZACIÓN DETALLADA DE LA DEMANDA

La demanda horaria de calefacción y ACS (agua caliente sanitaria) se determinó a partir del estudio de demanda energética y las simulaciones horarias de demanda realizadas por tipología de edificación, con lo cual se obtuvo un perfil de potencia horaria presentado en a continuación donde se tiene la potencia en función de las horas del año.

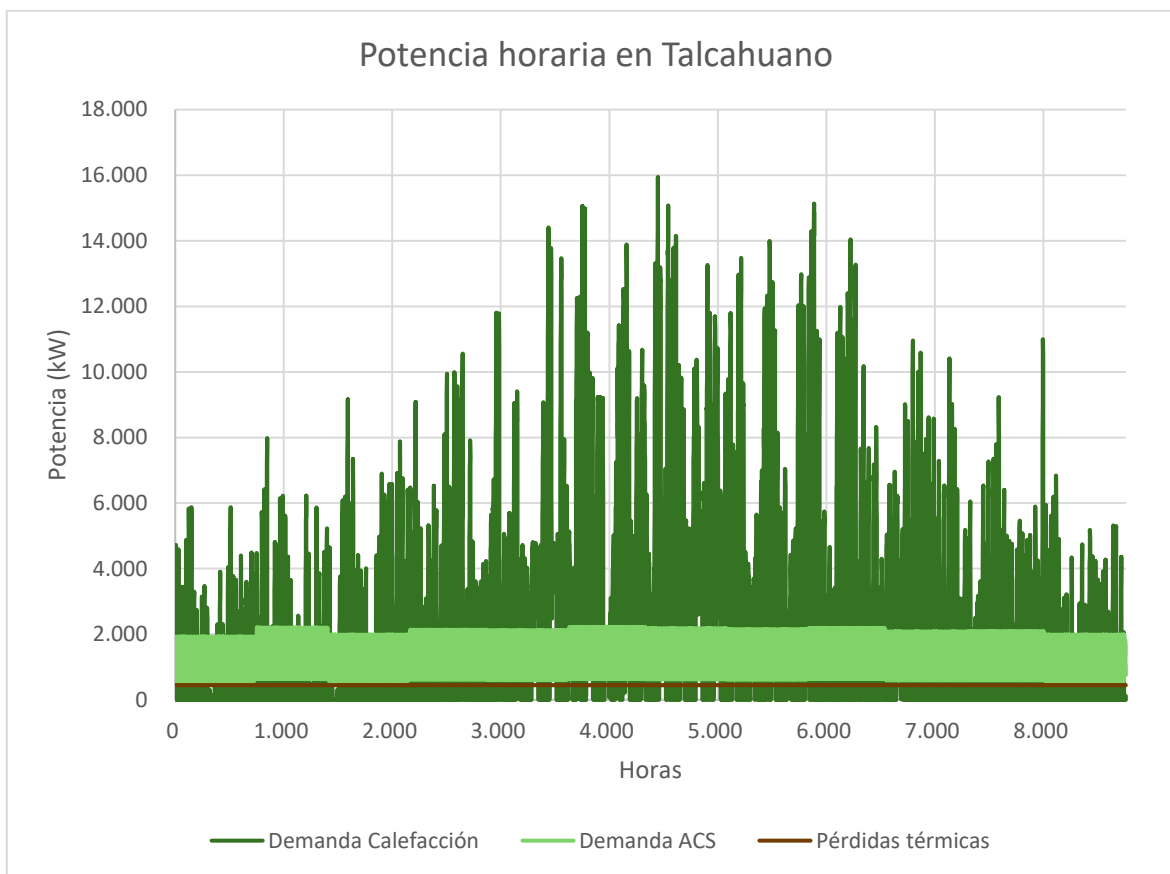


Ilustración 30. Potencia horaria de Talcahuano en base a la demanda de calefacción, agua caliente sanitaria (ACS) y las pérdidas térmicas. Fuente: Elaboración propia.

Del gráfico anterior se puede observar que hay un peak de potencia entre los 14.000 y 15.000 kW, asociado a la demanda de calefacción en el intervalo de las 3.500 horas a las 6.200 horas, lo cual es esperado, dado que esas horas corresponden a la temporada de otoño-invierno (aproximadamente Mayo, Junio, Julio, Agosto y parte de Septiembre). Por otra parte, se puede notar que las pérdidas térmicas se mantienen constante en el año, mientras que las demandas de ACS presentan fluctuaciones horarias y estacionales en menor medida.

Con la demanda horaria de calefacción total se obtuvo la monótona de demanda, donde se tiene la potencia en función de la hora bajo potencia, lo cual permite analizar cuántas horas al año se demanda cierta cantidad de potencia.

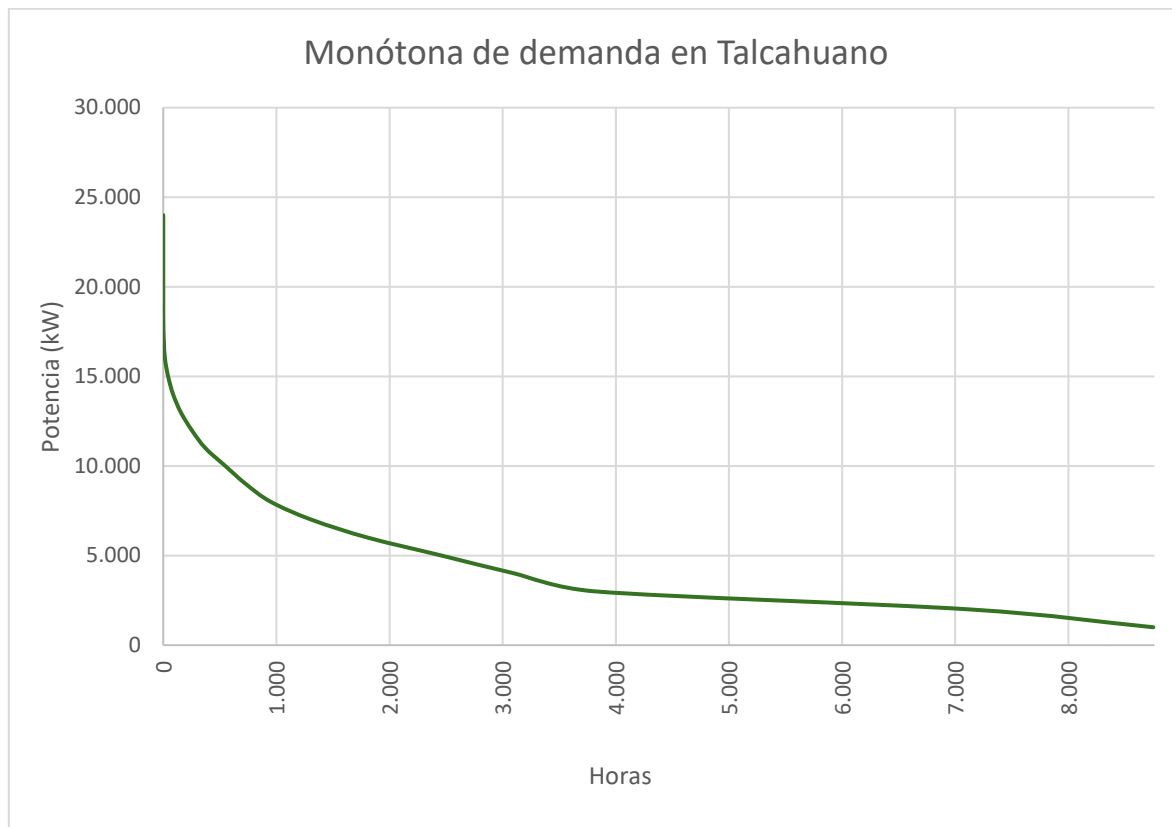


Ilustración 31. Monótona de demanda de Talcahuano en base a la potencia y la hora bajo potencia. Fuente: Elaboración propia.

A partir la monótona se puede ver que en la comuna de Talcahuano hay una demanda de potencia inferior a los 5.000 kW, 6.250 horas del año, mientras que, la demanda de potencia es superior al valor mencionado sólo 2.500 horas al año y superior a 10.000 apenas 500 horas.

## 8.2. PROYECTO PROPUESTO PARA HUALPÉN

De entre las zonas con potencial identificadas dentro de la comuna de Hualpén, se optó por desarrollar el proyecto cercano a ENAP por su alta densidad de demanda y perfil social de las viviendas.

Este ámbito no tiene ningún consumidor ancla ni singular, estando toda la demanda compuesta por casas y departamentos, con un total de 2.887 viviendas, 477 de las cuales corresponden a departamentos distribuidos en 28 edificios de viviendas, con una demanda total de calor de 24.000MWh anuales.





El proyecto propuesto para Hualpén, con una potencia térmica pico de 25 MWth, se basa en un sistema mixto integrado por una central térmica de gas natural de 15MWth apoyada por un aporte de 10MWth generados en la central termoeléctrica aledaña de Petropower.



Tabla 17. Resumen parámetros descriptivos del caso base para el proyecto de Hualpén

| Descripción                         | Unidad           | Valor      |
|-------------------------------------|------------------|------------|
| Potencia Edificios Singulares       | <i>kW</i>        | 0,00       |
| Potencia Viviendas                  | <i>kW</i>        | 24.772,20  |
| N° Casas 1                          |                  | 410,06     |
| N° Casas 2                          |                  | 1.851,94   |
| N° Casas 3                          |                  | 148,00     |
| Nº Casas Total                      |                  | 2.410,00   |
| Nº Departamentos                    |                  | 477,00     |
| Nº Total de Viviendas               |                  | 2.887,00   |
| Nº Edificios                        |                  | 28,00      |
| Área Casas (m2)                     | <i>m2</i>        | 122.523,88 |
| Demanda Calefacción Edificios       | <i>MWh</i>       | 2.736,92   |
| Demanda Calefacción Casas           | <i>MWh</i>       | 16.727,86  |
| Demanda Calefacción Residencial     | <i>MWh</i>       | 19.464,78  |
| Demanda ACS Residencial             | <i>MWh</i>       | 5.076,48   |
| Demanda Singulares                  | <i>MWh</i>       | 0,00       |
| Demanda Total                       | <i>MWh</i>       | 29.351,92  |
| Emisiones PM10                      | <i>kg/año</i>    | 42.302,99  |
| Emisiones PM2,5                     | <i>kg/año</i>    | 39.367,80  |
| Emisiones SOx                       | <i>kg/año</i>    | 1.290,01   |
| Emisiones NOx                       | <i>kg/año</i>    | 6.439,09   |
| Factura Leña Residencial            | <i>MMCLP/año</i> | 450,22     |
| Factura Parafina Residencial        | <i>MMCLP/año</i> | 182,65     |
| Factura ACS Residencial (GLP)       | <i>MMCLP/año</i> | 542,74     |
| Factura Energía Térmica Residencial | <i>MMCLP/año</i> | 1.175,61   |
| Factura Leña Residencial            | <i>CLP/kWh</i>   | 23         |
| Factura Parafina Residencial        | <i>CLP/kWh</i>   | 67         |
| Factura ACS Residencial (GLP)       | <i>CLP/kWh</i>   | 107        |
| Factura Energía Térmica Residencial | <i>CLP/kWh</i>   | 48         |
| Factura Leña Residencial            | <i>CLP/viv</i>   | 186.815    |
| Factura Parafina Residencial        | <i>CLP/viv</i>   | 382.912    |
| Factura ACS Residencial (GLP)       | <i>CLP/viv</i>   | 187.994    |





### 8.2.1. CARACTERIZACIÓN DETALLADA DE LA DEMANDA

Al igual que en la comuna de Talcahuano, la demanda horaria de calefacción y ACS (agua caliente sanitaria) se determinó a partir del estudio de demanda energética y las simulaciones horarias de demanda realizadas por tipología de edificación. En este caso se obtuvo el perfil de potencia horaria presentado a continuación

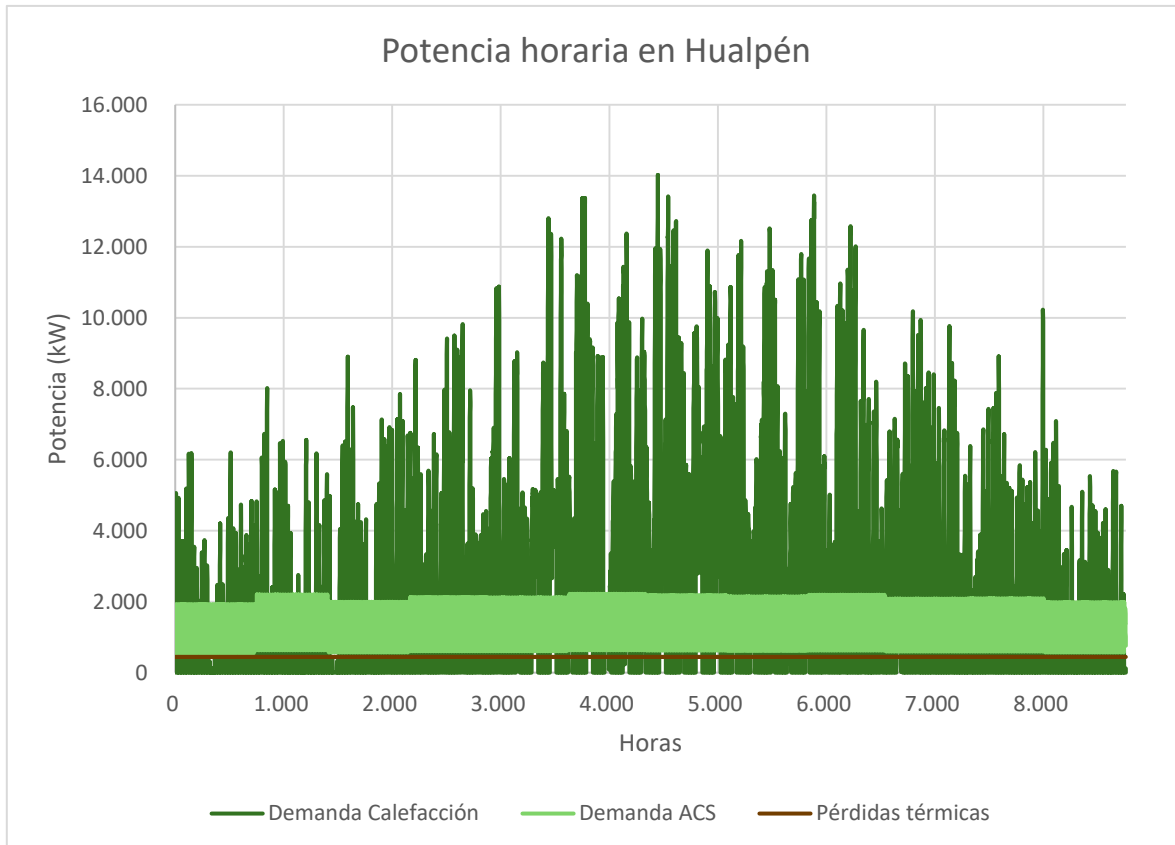


Ilustración 34. Potencia horaria de Hualpén en base a la demanda de calefacción, agua caliente sanitaria (ACS) y las pérdidas térmicas. Fuente: Elaboración propia.

En Hualpén existe un peak de potencia entre los 12.000 y 14.000 kW que está asociado a la demanda de calefacción en el intervalo de las 3.600 horas y las 6.000 horas aproximadamente, lo cual corresponde a la temporada de invierno, entre los meses de Mayo y Agosto. En el caso de las pérdidas térmicas, estas se mantienen constantes durante el año, mientras que, las demandas de ACS presentan fluctuaciones no tan significativas.

Ahora, con la demanda horaria de calefacción total se obtuvo la monótona de demanda de potencia en Hualpén que se presenta a continuación.

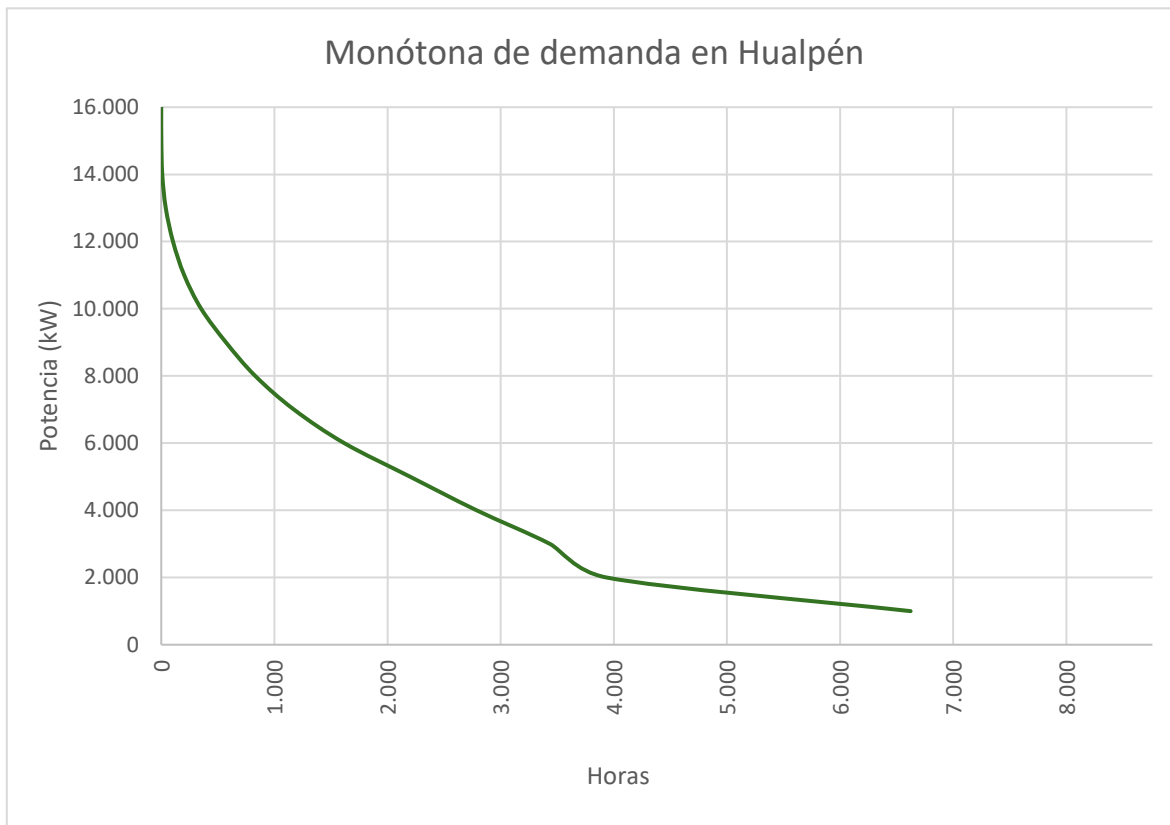


Ilustración 35. Monótona de demanda de Hualpén en base a la potencia y la hora bajo potencia. Fuente: Elaboración propia.

En este caso la curva obtenida presenta un comportamiento distinto a la curva presentada en Talcahuano, lo cual se puede deber al hecho de que la zona del proyecto evaluada en la comuna de Hualpén no presenta edificaciones singulares como colegios, hospitales, etc. Por otra parte, se puede ver que en la monótona existe una demanda de potencia inferior a los 5.000 kW, 4.423 horas del año, mientras que, la demanda de potencia es superior a los 5.000 kW, 2.000 horas del año y apenas 300 horas está por encima de los 10.000kW.

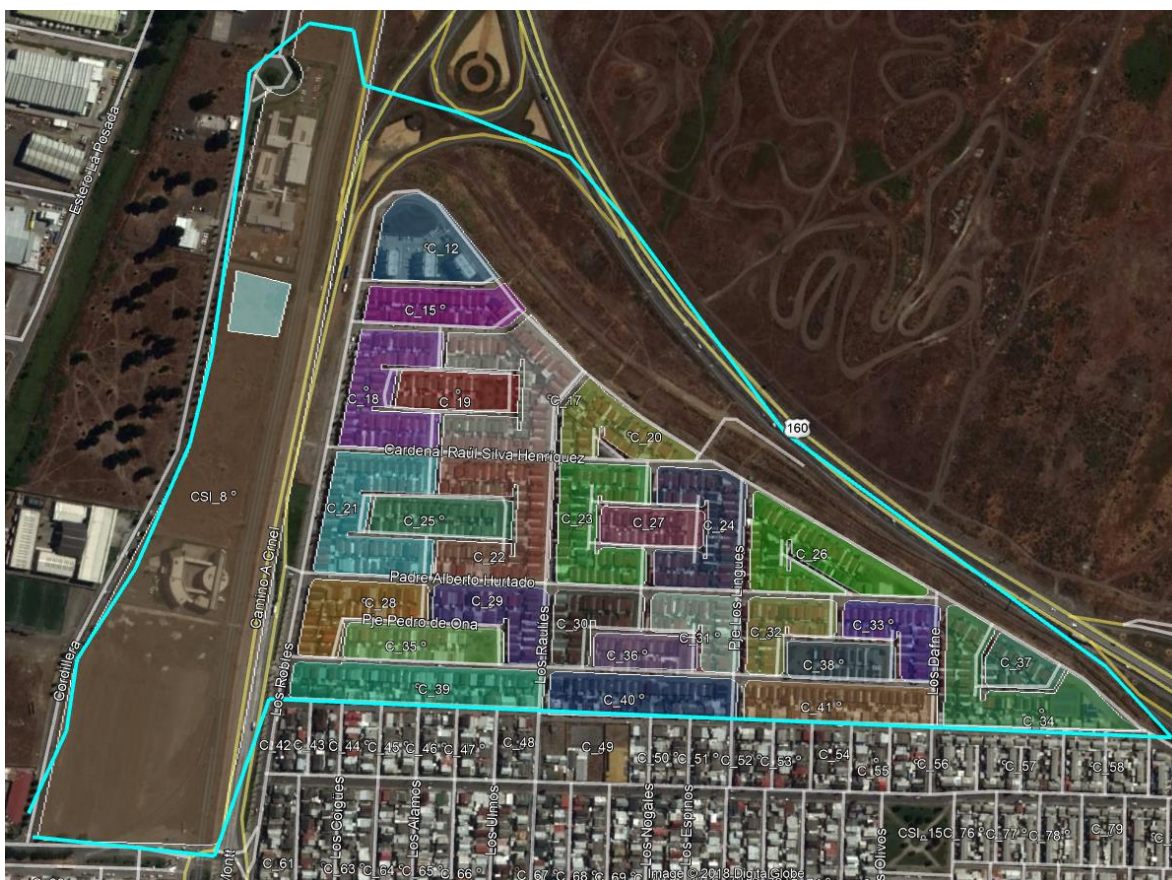


Tabla 18. Análisis de frecuencias de demanda de Hualpén en base a la potencia y la hora bajo potencia. Fuente: Elaboración propia.

| Potencia (kWh) | Horas | Horas bajo potencia |
|----------------|-------|---------------------|
| 0              |       | 8.760               |
| 1.000          | 1.517 | 7.243               |
| 2.000          | 3.260 | 3.983               |
| 3.000          | 491   | 3.492               |
| 4.000          | 637   | 2.855               |
| 5.000          | 577   | 2.278               |
| 6.000          | 603   | 1.675               |
| 7.000          | 468   | 1.207               |
| 8.000          | 343   | 864                 |
| 9.000          | 261   | 603                 |
| 10.000         | 229   | 374                 |
| 11.000         | 159   | 215                 |
| 12.000         | 106   | 109                 |
| 13.000         | 63    | 46                  |
| 14.000         | 36    | 10                  |
| 15.000         | 9     | 1                   |
| 16.000         | 1     | 0                   |







**Ilustración 37. Visión general del ámbito del proyecto de Coronel**

El proyecto propuesto para Coronel, con una potencia térmica pico de 11 MWth, se basa en un sistema mixto integrado por una central térmica de gas natural de 8MWth apoyada por una recuperación de calor residual de 3,1MWth provenientes Oxiquim, 3km al norte de la ubicación propuesta para la central térmica.

Tabla 19. Resumen parámetros descriptivos del caso base para el proyecto de Coronel

| Descripción                   | Unidad    | Valor     |
|-------------------------------|-----------|-----------|
| Potencia Edificios Singulares | <i>kW</i> | 293,65    |
| Potencia Viviendas            | <i>kW</i> | 10.296,54 |
| Nº Casas 1                    |           | 192,25    |
| Nº Casas 2                    |           | 738,75    |
| Nº Casas 3                    |           | 12,00     |
| Nº Casas Total                |           | 943,00    |
| Nº Departamentos              |           | 59,00     |
| Nº Total de Viviendas         |           | 1.002,00  |
| Nº Edificios                  |           | 3,00      |





| Descripción                         | Unidad    | Valor     |
|-------------------------------------|-----------|-----------|
| Área Casas (m2)                     | m2        | 62.221,93 |
| Demanda Calefacción Edificios       | MWh       | 321,44    |
| Demanda Calefacción Casas           | MWh       | 8.440,96  |
| Demanda Calefacción Residencial     | MWh       | 8.762,40  |
| Demanda ACS Residencial             | MWh       | 1.678,78  |
| Demanda Singulares                  | MWh       | 193,21    |
| Demanda Total                       | MWh       | 12.901,01 |
| Emisiones PM10                      | kg/año    | 19.730,97 |
| Emisiones PM2,5                     | kg/año    | 18.369,08 |
| Emisiones SOx                       | kg/año    | 262,06    |
| Emisiones NOx                       | kg/año    | 2.643,21  |
| Factura Leña Residencial            | MMCLP/año | 186,78    |
| Factura Parafina Residencial        | MMCLP/año | 21,45     |
| Factura ACS Residencial (GLP)       | MMCLP/año | 179,48    |
| Factura Energía Térmica Residencial | MMCLP/año | 387,71    |
| Factura Leña Residencial            | CLP/kWh   | 21        |
| Factura Parafina Residencial        | CLP/kWh   | 67        |
| Factura ACS Residencial (GLP)       | CLP/kWh   | 107       |
| Factura Energía Térmica Residencial | CLP/kWh   | 37        |
| Factura Leña Residencial            | CLP/viv   | 198.068   |
| Factura Parafina Residencial        | CLP/viv   | 363.585   |
| Factura ACS Residencial (GLP)       | CLP/viv   | 179.125   |

### 8.3.1. CARACTERIZACIÓN DETALLADA DE LA DEMANDA

Al igual que en las comunas anteriores, la demanda horaria de calefacción y ACS (agua caliente sanitaria) se determinó a partir de las simulaciones horarias de demanda realizadas por tipología de edificación y el estudio de demanda energética, con lo cual se obtuvo el perfil de potencia horaria presentado a continuación, donde la potencia está en función de las horas del año.

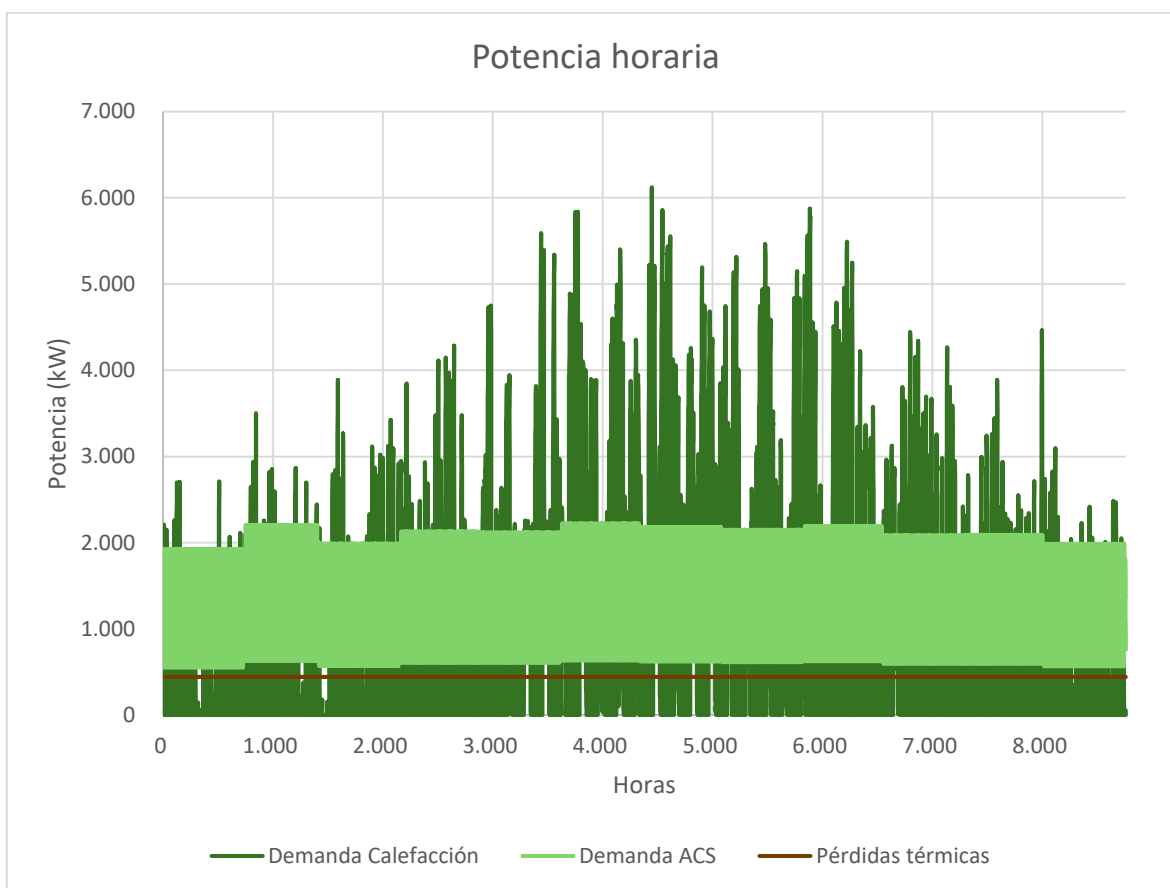


Ilustración 38 Potencia horaria en base a la demanda de calefacción, agua caliente sanitaria (ACS) y las pérdidas térmicas. Fuente: Elaboración propia.

Se puede observar que hay un peak de potencia entre los 5.000 y 6.000 kW asociado a la demanda de calefacción entre las 3.500 horas y las 6.100 horas, que como en el caso anterior corresponde a la temporada de invierno (Mayo a Agosto). Al igual que Talcahuano y Hualpén, en Coronel las pérdidas térmicas se mantienen constante en el año y el ACS presenta pequeñas fluctuaciones.

Ahora, con la demanda horaria de calefacción total se obtuvo la monótona de demanda.



**Ilustración 39. Monótona de demanda de Coronel en base a la potencia y la hora bajo potencia. Fuente: Elaboración propia.**

Esta curva monótona es parecida a la Hualpén, dada la baja presencia de edificios no residenciales. Por otra parte, se puede ver que en la monótona existe una demanda de potencia inferior a los 1.000 kW, casi 5.000 horas del año, mientras que, la demanda de potencia es superior a los 4.000 kW, 500 horas del año.



## 9. DISEÑO CONCEPTUAL DE LOS SISTEMAS

### 9.1. DISEÑO RED DE TALCAHUANO

#### 9.1.1. DISEÑO DE LA RED

A partir del mapa de demandas, se definió que la zona a estudiar en la comuna de Talcahuano corresponde a la presentada en la Ilustración 40.

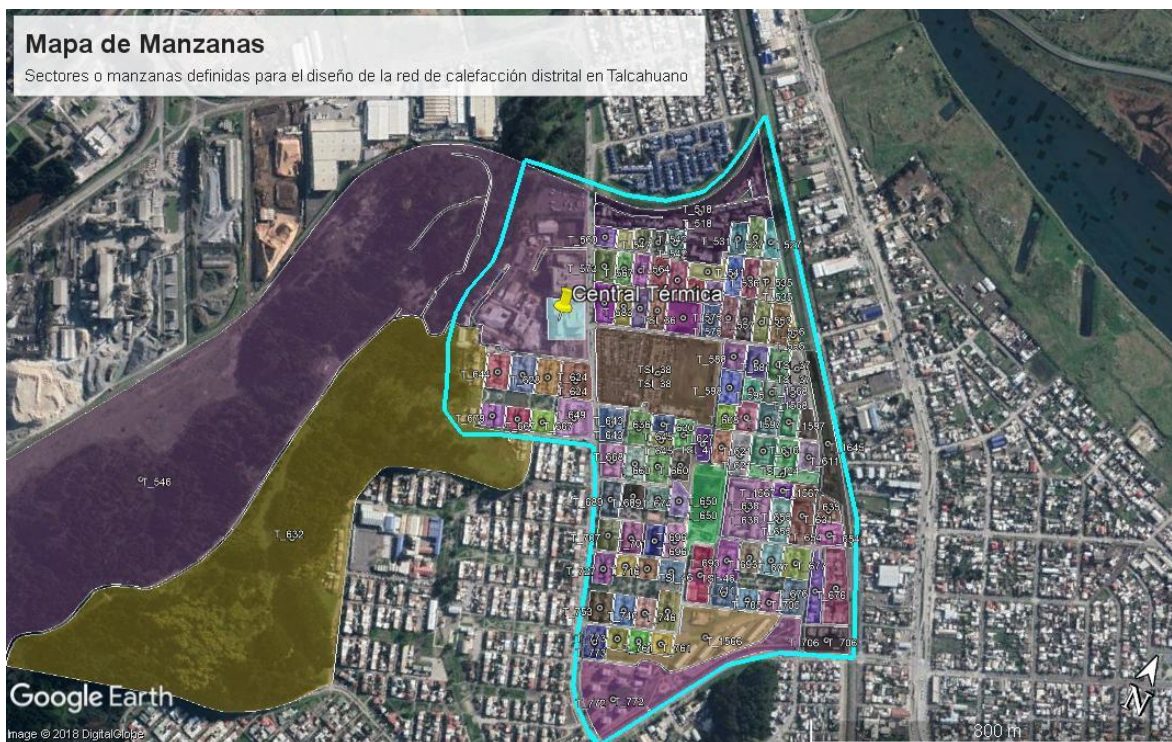


Ilustración 40 Mapa de manzanas definidas para el diseño de la red distrital en Talcahuano

De la ilustración anterior se puede observar que la central térmica se encuentra localizada en el hospital y de manera periférica a las manzanas a alimentar, por lo tanto, el esquema de red implementado corresponde al tipo “árbol”. De este modo se obtiene el diseño de red presentado en la Ilustración 41.









### 9.1.2. DISEÑO DE LOS SISTEMAS DE GENERACIÓN

Para Talcahuano se ha considerado un sistema de generación térmica basado en el uso del gas de refinería suministrado por CAP. Aunque no se dispone de datos de la producción de dicho gas, se ha estimado indirectamente que la disponibilidad anual este gas estaría sobre los 40.000MWh. Este volumen de energía permite cubrir la demanda estimada de 36.000MWh, incluyendo pérdidas, de este proyecto, pero no permite plantear la instalación de un sistema de cogeneración por el poco margen entre demanda y disponibilidad y la incertidumbre de estos valores, llevan a descartar el planteamiento de uso de cogeneración para este proyecto, aunque estrictamente, si se confirman los números de disponibilidad, habría capacidad para instalar sobre los 200kWe.

Dado lo anterior y la singularidad del gas disponible, se ha optado por utilizar calderas convencionales para la generación calor y su posterior inyección a la red de distribución.

Dentro del alcance del presente estudio, el trabajo sobre esta fuente de calor residual se ha limitado a su identificación, cuantificación energética y evaluación aproximada de su costo de transporte, pero no se ha llevado a cabo un análisis de viabilidad técnico de su uso, dadas especialmente sus condiciones de toxicidad, cosa que debería estudiarse con cierto detalle para validar su usabilidad y costos asociados.

Finalmente, se plantearon dos opciones sobre la ubicación de la central térmica, dado que la transformación del gas en calor puede hacerse dentro de CAP o ya en las proximidades de la demanda. A falta de un estudio de viabilidad detallado sobre esta cuestión, se optó por ubicar la central térmica en las cercanías del Hospital las Higueras y transportar el gas en lugar del calor por las siguientes razones:

- El costo de gaseoducto es menor que el del piping de DH y requiere menos espacio público.
- Transportar el gas no implica pérdidas térmicas y es menos costoso energéticamente también en su impulsión.
- No requiere de la instalación de una sala de calderas dentro de CAP, lo que requeriría un nivel de implicación de ésta y de relación con la ESCO más complejo que el puro suministro del calor.

Para dimensionar el sistema de generación y el acople con la disponibilidad de gas, a través de un sistema de acumulación térmica, se ha llevado a cabo una simulación horaria en la que se ha dimensionado el volumen de acumulación y la potencia necesarias para aprovechar el recurso disponible y cumplir con el 100% de la demanda.

En el gráfico siguiente se puede observar la evolución horaria de la disponibilidad de energía, de la demanda y de la capacidad del acumulador estacional que permite acumular calor durante el verano para el invierno.

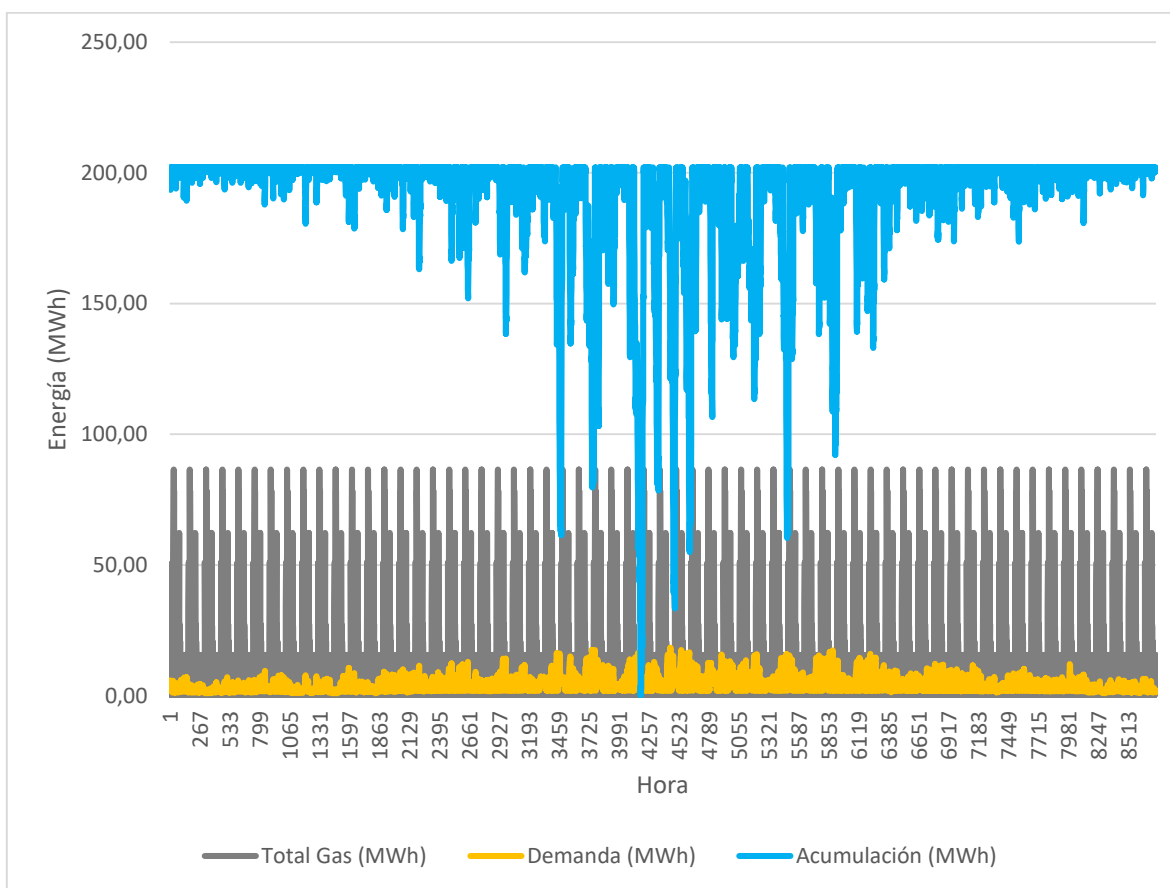


Ilustración 42. Balance horario de energía en el sistema de Talcahuano.

El dimensionado de los sistemas y sus consumos y emisiones se resumen a continuación.

Tabla 20. Resumen de parámetros de diseño de la generación de calor en Talcahuano

| Parámetro                      | Unidad         | Valor      |
|--------------------------------|----------------|------------|
| Potencia nominal del sistema   | <i>kW</i>      | 16.395     |
| Potencia de calor residual     | <i>kW</i>      | 0          |
| Potencia requerida calderas    | <i>kW</i>      | 16.395     |
| Demanda neta                   | <i>kWh/año</i> | 31.731.308 |
| Pérdidas térmicas de red       | <i>kWh/año</i> | 3.877.401  |
| Demanda total                  | <i>kWh/año</i> | 35.608.710 |
| Consumo de electricidad        | <i>kWh/año</i> | 356.087    |
| Rendimiento estacional sistema |                | 90%        |
| Acumulación requerida          | <i>MWh</i>     | 202        |
| Volumen de acumulación         | <i>m3</i>      | 8.699      |



| Parámetro                       | Unidad         | Valor       |
|---------------------------------|----------------|-------------|
| Requerimiento de gas            | <i>kWh</i>     | 39.565.233  |
| Requerimiento de gas alto horno | <i>m3</i>      | 343.448     |
| Costo unitario del gas          | <i>CLP/MWh</i> | 10.750      |
| Costo mantenimiento red         | <i>CLP/año</i> | 103.576.584 |
| Costo mantenimiento calderas    | <i>CLP/año</i> | 31.970.780  |
| Costo del gas                   | <i>CLP/año</i> | 425.326.256 |
| Costo de la electricidad        | <i>CLP/año</i> | 31.960.889  |
| Emisiones PM10 (kg)             | <i>kg/año</i>  | 0           |
| Emisiones PM2,5 (kg)            | <i>kg/año</i>  | 0           |
| Emisiones SOx (kg)              | <i>kg/año</i>  | 0           |
| Emisiones NOx (kg)              | <i>kg/año</i>  | 0           |
| Emisiones CO2 (kg)              | <i>kg/año</i>  | 0           |
| Superficie sala de calderas     | <i>m2</i>      | 1.640       |
| Superficie total de la central  | <i>m2</i>      | 2.131       |

### 9.1.3. ANÁLISIS URBANÍSTICO SALA DE MÁQUINAS

El predio seleccionado se encuentra dentro del área de interés escogida de acuerdo a los valores de demanda energética. Se ubica en el centro de la comuna por lo que estratégicamente puede originar un escalamiento al resto de las áreas de mayor demanda, periféricas a la zona de interés.

Se corresponde a un predio de forma trapezoidal de unos 5.400 m<sup>2</sup>, definido por el Plan Regulador Comunal como zona ZE-Q-1, (Zona de Equipamiento). Con límite al norte con la zona ZPCe, zona de Protección del Cerro y con línea del ferrocarril que cruza la avenida Alto Horno por paso elevado, al poniente también con la zona ZPCe, al sur con los predios del Hospital las Higueras (Infraestructura con alta demanda Energética) y al oriente con la avenida Alto Horno, definida como Vía Colectora, consolidada, que no considera (en el Plan Regulador) modificación alguna.

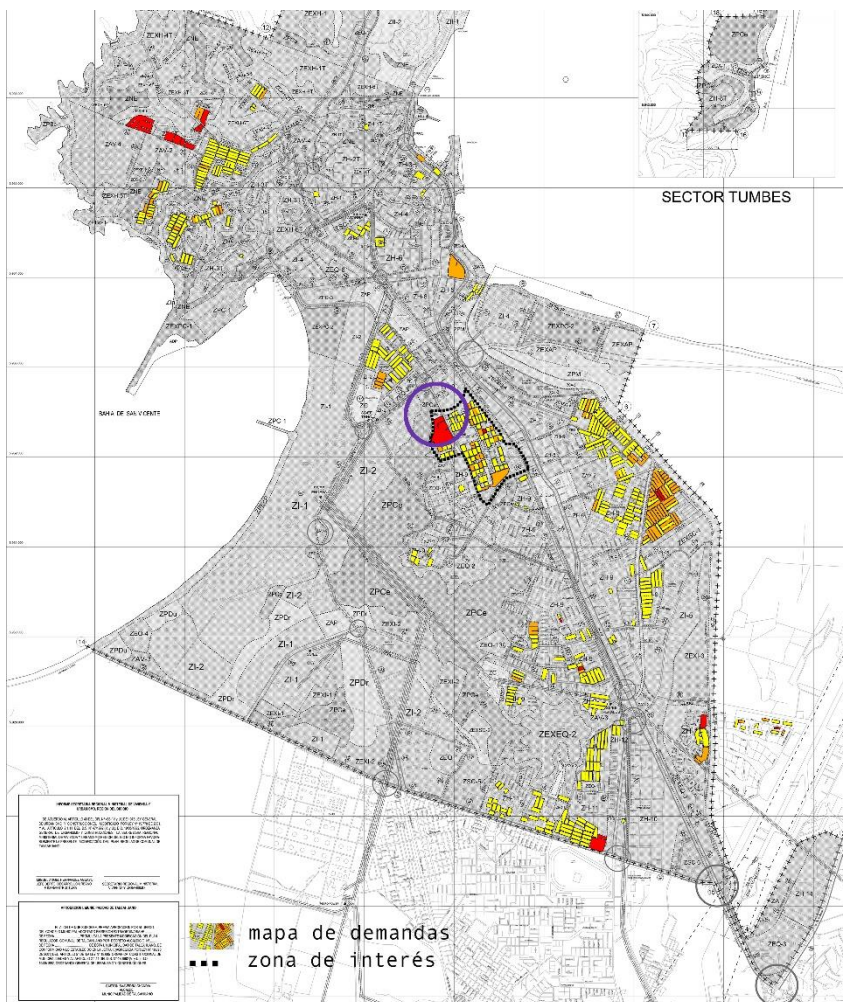


Ilustración 43. Situación predio seleccionado en el plano Regulador (destacado en círculo). Recorte PRC e intervención mapa de demandas. Equipo Redactor.

Si tenemos en consideración que la propuesta busca establecer un nuevo tipo de Infraestructura energética, es viable plantear que la **recualificación del predio** propuesto es necesaria en cuando permite iniciar un proceso de transformación comunal de generación energética sostenible.

Por otro lado, se ha de mencionar que actualmente el predio no se encuentra edificado y que funciona como terminal de una línea de transporte público por lo que su actual uso de suelo estaría prohibido según lo que establece el Plan Regulador.



#### 9.1.4. BALANCE ENERGÉTICO Y AMBIENTAL

Para evaluar el balance energético y ambiental, se compara el nivel de consumo energético del caso de referencia, que es el actual, con el caso diseñado, lo que permite visualizar el ahorro de energía el ahorro global de emisiones contaminantes.

**Tabla 21. Comparativa energética y ambiental del caso base con el proyecto propuesto**

| Variable                        | unidad        | Caso Base  | Caso Calefacción<br>Distrital | Diferencia |
|---------------------------------|---------------|------------|-------------------------------|------------|
| Potencia Edificios Singulares   | <i>kW</i>     | 3.926,12   | 3.926,12                      |            |
| Potencia Viviendas              | <i>kW</i>     | 21.937,52  | 21.937,52                     |            |
|                                 |               |            | 0,00                          |            |
| Nº Casas 1                      |               | 463,00     | 463,00                        |            |
| Nº Casas 2                      |               | 1.120,00   | 1.120,00                      |            |
| Nº Casas 3                      |               | 572,00     | 572,00                        |            |
| Nº Casas Total                  |               | 2.155,00   | 2.155,00                      |            |
| Nº Departamentos                |               | 291,00     | 291,00                        |            |
| Nº Total de Viviendas           |               | 2.446,00   | 2.446,00                      |            |
| Nº Edificios                    |               | 11,00      | 11,00                         |            |
| Área Casas (m2)                 | <i>m2</i>     | 109.011,20 | 109.011,20                    |            |
| Demanda Calefacción Edificios   | <i>MWh</i>    | 3.170,83   | 3.170,83                      |            |
| Demanda Calefacción Casas       | <i>MWh</i>    | 15.724,88  | 15.724,88                     |            |
| Demanda Calefacción Residencial | <i>MWh</i>    | 18.895,71  | 18.895,71                     |            |
| Demanda ACS Residencial         | <i>MWh</i>    | 3.976,53   | 3.976,53                      |            |
| Demanda Singulares              | <i>MWh</i>    | 8.859,07   | 8.859,07                      |            |
| Demanda Total                   | <i>MWh</i>    | 35.608,71  | 35.608,71                     |            |
| Pérdidas Térmicas de la Red     |               | NA         | 3.877.401                     | 3.877.401  |
| Emisiones PM10                  | <i>kg/año</i> | 53.103,27  | 0                             | -53.103,27 |
| Emisiones PM2,5                 | <i>kg/año</i> | 49.427,24  | 0                             | -49.427,24 |
| Emisiones SOx                   | <i>kg/año</i> | 1.652,94   | 0                             | -1.652,94  |
| Emisiones NOx                   | <i>kg/año</i> | 9.478,82   | 0                             | -9.478,82  |

Tal como se puede observar, la neutralidad de la combustión útil del gas de CAP permite reducir el nivel de emisiones locales atribuibles al sistema a cero.





### 9.1.5. EVALUACIÓN DE COSTOS

A continuación, se presenta la evaluación de costos resumen del sistema y el detalle de costos de la red de distribución.

**Tabla 22. Estimación de costos del conjunto del sistema distrital en Talcahuano**

| Talcahuano                                                | Costo unitario (CLP) | Unidades | Costo Total (CLP)     |
|-----------------------------------------------------------|----------------------|----------|-----------------------|
| Instalación interior y conexión Casas                     | 2.252.112            | 2.155    | 4.853.301.129         |
| Instalación interior y conexión Edificios y Departamentos | 2.571.549            | 291      | 748.320.715           |
| Costo conexión Hospital Las Higueras                      | 36.500.000           | 1        | 36.500.000            |
| Costo conexión Colegio Las Higueras                       | 3.650.000            | 1        | 3.650.000             |
| <b>Sub Total Conexiones e interiores</b>                  |                      |          | <b>5.641.771.844</b>  |
| Obra Civil                                                |                      |          | 327.957.941           |
| Instalación tubería y accesorios                          |                      |          | 1.085.938.447         |
| <b>Sub Total Piping</b>                                   |                      |          | <b>1.413.896.388</b>  |
| Gaseoducto de CAP a Central                               |                      |          | 331.643.915           |
| Sistema de generación térmica (kW)                        |                      | 16.000   | 181.642.798           |
| Sistema de acumulación de calor (m3)                      |                      | 9.000    | 366.300.000           |
| Sistema de recirculación                                  |                      |          | 108.593.845           |
| Edificio Sala de Máquinas                                 |                      |          | 587.533.206           |
| <b>Subtotal Generación</b>                                |                      |          | <b>1.575.713.764</b>  |
| Imprevistos                                               |                      |          | 20%                   |
| <b>Inversión TOTAL</b>                                    |                      |          | <b>10.357.658.395</b> |

## 9.2. DISEÑO DE RED DE HUALPÉN

### 9.2.1. DISEÑO DE LA RED

Como en el caso anterior, para definir la zona a estudiar en Hualpén, se utilizó el mapa de demandas, donde se obtuvo que la zona a analizar corresponde a la presentada en la Ilustración 44.



Ilustración 44 Mapa de manzanas definidas para el diseño de la red distrital en Hualpén

Como se puede observar en la ilustración anterior, la localización de la central térmica en Hualpén se encuentra cruzando la carretera y de manera periférica a las manzanas que debe alimentar, así que nuevamente se hace uso de la morfología de diseño de red tipo “árbol”. En la Ilustración 45 se presenta en diseño de red para esta comuna.



Ilustración 45 Diseño de red para calefacción distrital tipo árbol en Hualpén



### 9.2.2. DISEÑO DE LOS SISTEMAS DE GENERACIÓN

Para el caso de Hualpén, el proyecto parte del uso de calor generado en la central termoeléctrica de Petropower. Esta instalación energética, alimentada con coque, tiene potencia excedentaria instalada y está preparada para hacer extracciones de vapor a baja presión, que podría ser utilizada para la producción de calor requerida por la red de calor distrital.

Hay que destacar que no se trata de calor residual, pues el calor residual disponible es de muy baja temperatura, sino de utilizar una infraestructura existente, con unas capacidades instaladas y un equipo profesional operativo para generar más energía, sin inversión ni costo de mantenimiento adicional y por lo tanto, potencialmente, a muy bajo costo. De hecho en las conversaciones preliminares, Petropower ha mencionado la posibilidad de vender el calor al costo de oportunidad eléctrico, esto es, cobrando por cada kWh de vapor aquello que cobrarían si no hicieran la extracción de vapor de la turbina y generaran electricidad para su venta a ENAP o a la red. Para estimar dicho precio se ha tomado el precio de nudo de Charrua<sup>3</sup>, fijado como 64,798USD/MWh y se ha multiplicado por el rendimiento eléctrico típico de una central de estas características, del 45%, lo que resulta en un precio muy competitivo de 19.712CLP/MWh de calor útil, si lo comparamos con el precio del gas natural de 43.000CLP/MWh, tomado del actual contrato de suministro del Hospital las Higueras.

Esta gran ventaja operativa y económica, tiene una importante contrapartida en lo ambiental, pues este sistema de generación presenta un importante nivel de emisiones, respecto al uso de calor residual, gas natural o biomasa, lo que lleva a que a pesar de reducir el nivel de emisiones de material particulado, esta solución incrementa el nivel de emisión de SOx y NOx.

La potencia disponible en Petropower está limitada a 10MWth, siendo el requerimiento de potencia nominal del sistema de Hualpén de unos 25MWth, lo que obliga en cualquier caso a asumir parte de la generación y gran parte de la potencia de pico con calderas.

Se ha procedido a diseñar el sistema mediante una simulación horaria, incorporando una acumulación de corto plazo que permita reducir la potencia del sistema auxiliar y aumentar sus horas de operación y por lo tanto su amortización

---

<sup>3</sup> Fijación de precios de nudo promedio sistema interconectado central y sistema interconectado del norte grande y de ajustes y recargos por aplicación del mecanismo de equidad tarifaria residencial

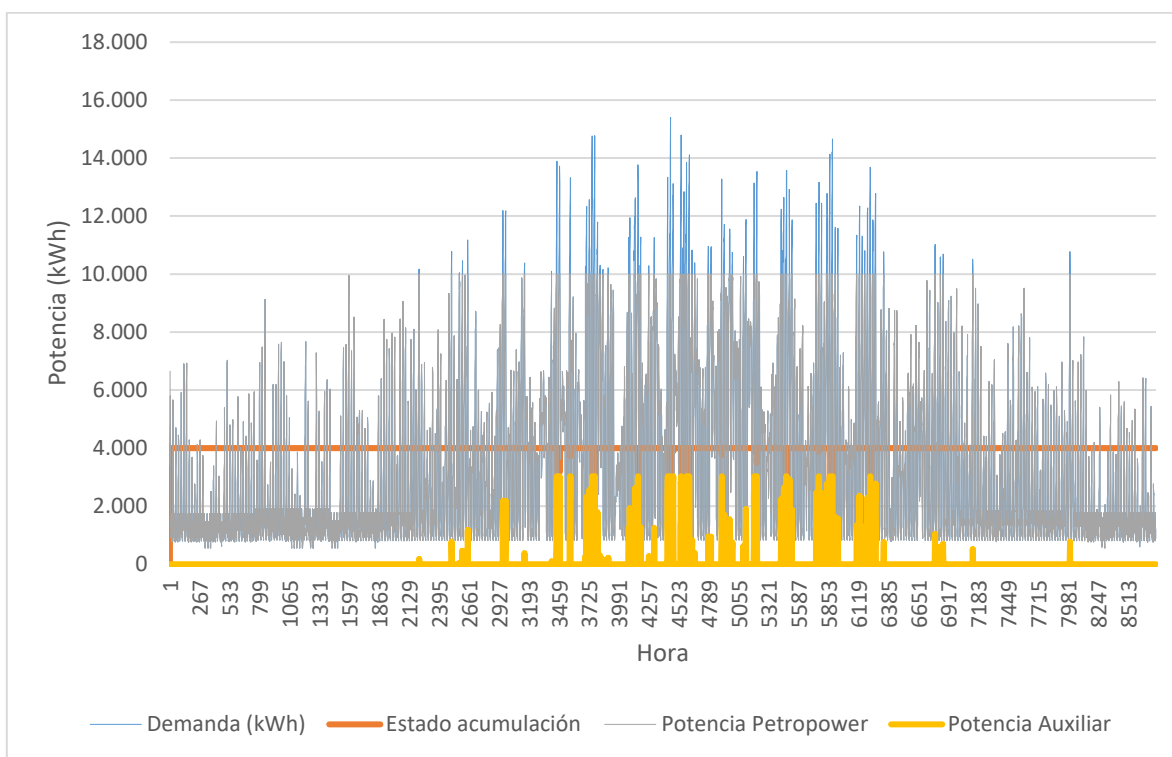
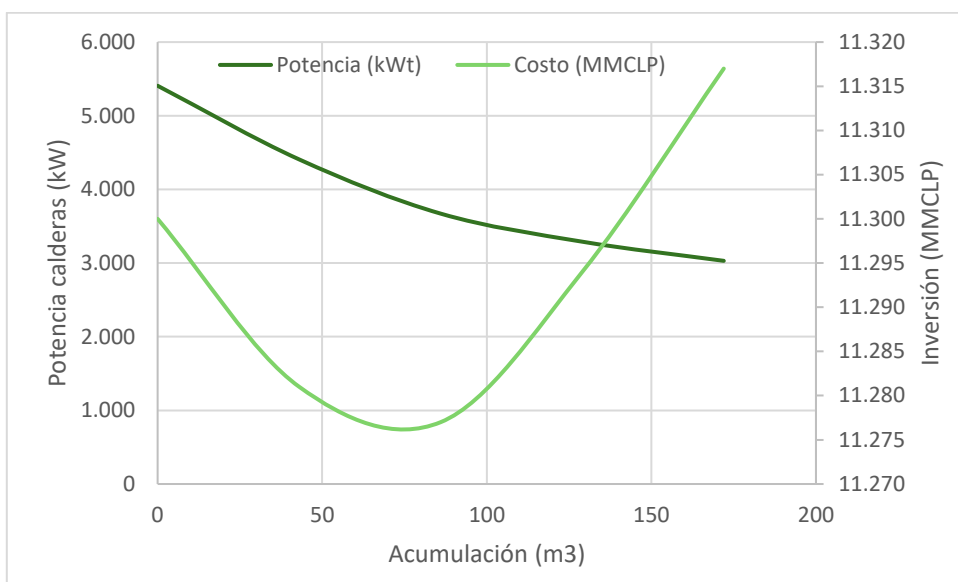


Ilustración 46. Gráfico horario de funcionamiento de los sistemas de generación y acumulación

Tabla 23. Determinación de combinación de mínimo costo potencia-volumen

| Volumen<br>(m3) | Potencia<br>(kWt) | Costo<br>(MMCLP) |
|-----------------|-------------------|------------------|
| 0               | 5.407             | 11.300           |
| 43              | 4.407             | 11.281           |
| 86              | 3.671             | 11.277           |
| 129             | 3.290             | 11.294           |
| 172             | 3.030             | 11.317           |





**Ilustración 47. Determinación de combinación de mínimo costo potencia-volumen**

La optimización de la acumulación ha permitido reducir la potencia total del sistema a 13MW y por lo tanto las caderas auxiliares a 3MW con una acumulación de 86m3, con una operación de 374 horas anuales.

Esta baja utilización de las calderas hace recomendable seleccionar una tecnología con un bajo costo específico de inversión, dado que la amortización de mejoras de rendimiento será a muy largo plazo con tan pocas horas de uso anuales. Por lo anterior y por tener una solución estándar como solución base de referencia para el proyecto, se ha dimensionado una central con calderas convencionales de gas natural, con los parámetros recogidos en la tabla siguiente.

**Tabla 24. Resumen de parámetros de diseño de la generación de calor en Hualpén**

| Variable                       | Unidad         | Valor      |
|--------------------------------|----------------|------------|
| Potencia nominal del sistema   | <i>kW</i>      | 25.321     |
| Potencia de calor residual     | <i>kW</i>      | 10.000     |
| Potencia requerida calderas    | <i>kW</i>      | 3.030      |
| Demanda neta                   | <i>kWh/año</i> | 24.541.263 |
| Pérdidas térmicas de red       | <i>kWh/año</i> | 4.810.660  |
| Demanda total                  | <i>kWh/año</i> | 29.351.922 |
| Aporte calor residual          | <i>kWh/año</i> | 28.822.650 |
| Aporte calor central térmica   | <i>kWh/año</i> | 531.492    |
| Consumo de electricidad        | <i>kWh/año</i> | 293.519    |
| Rendimiento estacional sistema |                | 90%        |





| Variable                       | Unidad  | Valor       |
|--------------------------------|---------|-------------|
| Acumulación requerida          | MWh     | 4           |
| Volumen de acumulación         | m3      | 172         |
| Requerimiento de gas natural   | kWh     | 590.546     |
| Requerimiento de gas natural   | MJ      | 2.125.967   |
| Requerimiento de gas natural   | m3      | 52.527      |
| Costo unitario del gas         | CLP/m3  | 483         |
| Costo unitario del gas         | CLP/MWh | 43.000      |
| Costo mantenimiento red        | CLP/año | 113.172.792 |
| Costo mantenimiento calderas   | CLP/año | 5.908.687   |
| Costo calor Petropower         | CLP/año | 568.139.155 |
| Costo del gas                  | CLP/año | 25.393.495  |
| Costo de la electricidad       | CLP/año | 26.345.058  |
| Emisiones PM10 (kg)            | kg/año  | 2.604       |
| Emisiones PM2,5 (kg)           | kg/año  | 3.642       |
| Emisiones SOx (kg)             | kg/año  | 319.291     |
| Emisiones NOx (kg)             | kg/año  | 31.265      |
| Emisiones CO2 (kg)             | kg/año  | 10.184.136  |
| Superficie sala de calderas    | m2      | 303         |
| Superficie total de la central | m2      | 394         |

### 9.2.3. ANÁLISIS URBANÍSTICO SALA DE MÁQUINAS

El predio seleccionado se encuentra en el extremo poniente del área urbana consolidada de la comuna, en la zona de expansión del área industrial. Se ubica aldaño al polígono definido como área de interés, escogido de acuerdo a los valores de demanda energética.

Se corresponde a un predio de forma trapezoidal de unos 3.800 m2, definido en el Plan Regulador Comunal como zona **ZAP-3**, (Zona de Actividad Productiva). Con límite al norte con los predios de camino al Santuario (Ruta 0474) y los predios de la Refinería de Petróleo ENAP, al sur predios sin edificar de la misma zona ZAP-3, al oriente con la Avenida Acceso Norte Puente N°4 aldaña a la zona residencial (y ámbito de interés), vía colectora consolidada y al Poniente con también con la zona ZAP-3 con predios sin edificar.

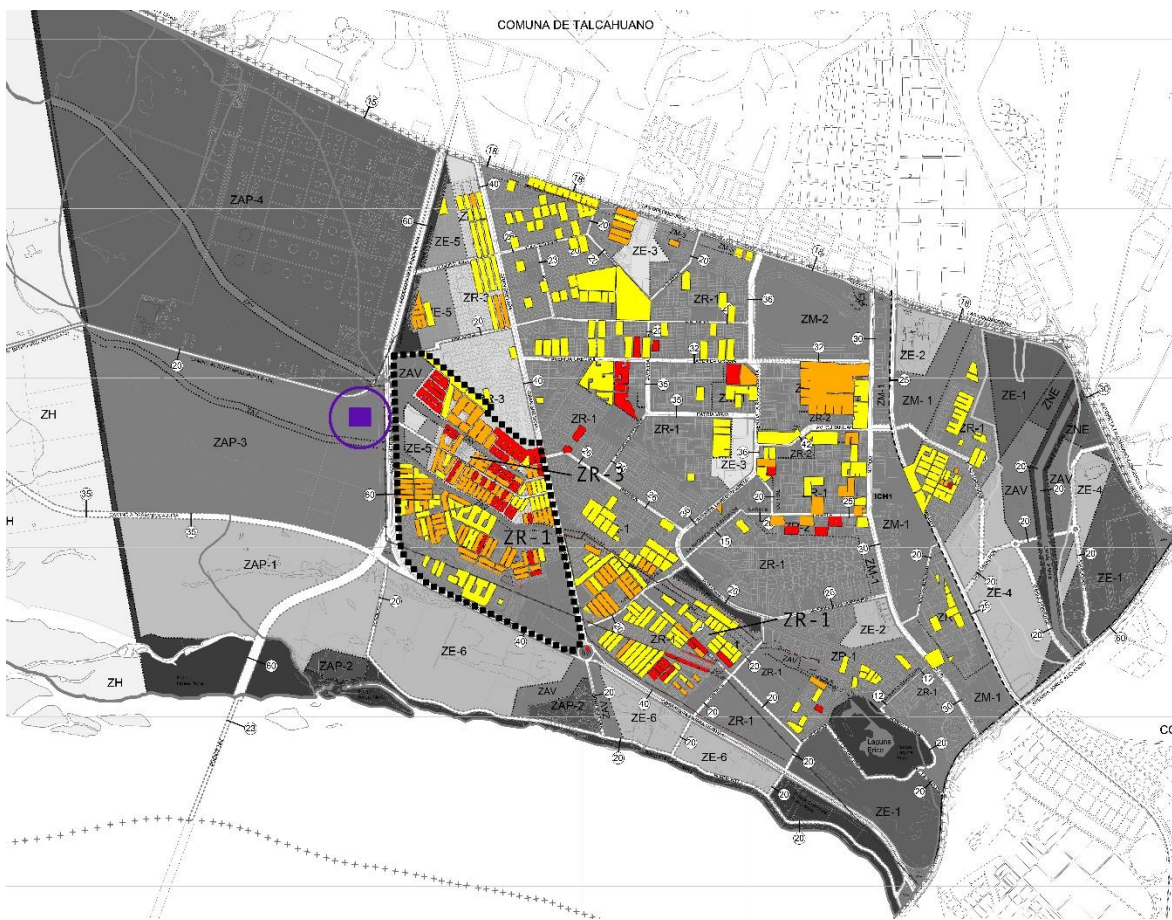


Ilustración 48. Situación predio seleccionado en el plano Regulador (destacado en círculo). Recorte PRC e intervención mapa de demandas. Equipo Redactor.

Por lo que se puede concluir que según el artículo 2.1.28, si se cualifica la infraestructura como inofensiva, ya que la zona **ZAP-3 permite actividades industriales inofensivas**, se podría asimilar esta actividad a la de una infraestructura inofensiva.

El Plan Regulador de Hualpén, considera algunas zonas aptas para la instalación de infraestructuras energéticas, pero estas zonas se encuentran ubicadas en la zona de la península, Área de Protección de Recurso Natural, y se contemplan como infraestructuras asociadas a solucionar la demanda de los usos permitidos en las zonas en dónde se encuentran. Estas zonas (ZUR-1, ZUR-2, ZAC-1, ZAC-2, ZEC), descritas en la siguiente imagen, se encuentran alejadas de la zona de interés, por lo que no es viable considerarlas como zonas utilizables.



## 9.2.4. BALANCE ENERGÉTICO Y AMBIENTAL

Para evaluar el balance energético y ambiental, se compara el nivel de consumo energético del caso de referencia, que es el actual, con el caso diseñado, lo que permite visualizar el ahorro de energía el ahorro global de emisiones contaminantes.

**Tabla 25. Comparativa energética y ambiental del caso base con el proyecto propuesto**

| Variable                        | unidad        | Caso Base  | Caso<br>Calefacción<br>Distrital | Diferencia |
|---------------------------------|---------------|------------|----------------------------------|------------|
| Potencia Edificios Singulares   | <i>kW</i>     | 0,00       | 0,00                             |            |
| Potencia Viviendas              | <i>kW</i>     | 24.772,20  | 24.772,20                        | 0,00       |
| N° Casas 1                      |               | 410,06     | 410,06                           |            |
| N° Casas 2                      |               | 1.851,94   | 1.851,94                         |            |
| N° Casas 3                      |               | 148,00     | 148,00                           |            |
| N° Casas Total                  |               | 2.410,00   | 2.410,00                         |            |
| N° Departamentos                |               | 477,00     | 477,00                           |            |
| N° Total de Viviendas           |               | 2.887,00   | 2.887,00                         |            |
| N° Edificios                    |               | 28,00      | 28,00                            |            |
| Área Casas (m2)                 | <i>m2</i>     | 122.523,88 | 122.523,88                       |            |
| Demanda Calefacción Edificios   | <i>MWh</i>    | 2.736,92   | 2.736,92                         |            |
| Demanda Calefacción Casas       | <i>MWh</i>    | 16.727,86  | 16.727,86                        |            |
| Demanda Calefacción Residencial | <i>MWh</i>    | 19.464,78  | 19.464,78                        |            |
| Demanda ACS Residencial         | <i>MWh</i>    | 5.076,48   | 5.076,48                         |            |
| Demanda Singulares              | <i>MWh</i>    | 0,00       | 0,00                             |            |
| Demanda Total                   | <i>MWh</i>    | 29.351,92  | 29.351,92                        |            |
| Pérdidas Térmicas de la Red     |               | NA         | 4.810.660                        | 4.810.660  |
| Emisiones PM10                  | <i>kg/año</i> | 42.302,99  | 2.604                            | -39.698,69 |
| Emisiones PM2,5                 | <i>kg/año</i> | 39.367,80  | 3.642                            | -35.725,88 |
| Emisiones SOx                   | <i>kg/año</i> | 1.290,01   | 319.291                          | 318.001,17 |
| Emisiones NOx                   | <i>kg/año</i> | 6.439,09   | 31.265                           | 24.825,90  |

Tal como se puede observar, el ahorro en material particulado es prácticamente total, sobre el 95%, pero en contrapartida se generan unas nuevas emisiones de Sox y NOx asociadas a la combustión de coque.



### 9.2.5. EVALUACIÓN DE COSTOS

A continuación, se presenta la evaluación de costos resumen del sistema y el detalle de costos de la red de distribución.

**Tabla 26. Estimación de costos del conjunto del sistema distrital en Hualpén**

| Hualpén                                                   | Costo unitario<br>(CLP) | Unidades | Costo Total<br>(CLP)  |
|-----------------------------------------------------------|-------------------------|----------|-----------------------|
| Instalación interior y conexión Casas                     | 2.252.112               | 2.410    | 5.427.589.662         |
| Instalación interior y conexión Edificios y Departamentos | 2.571.549               | 477      | 1.226.628.801         |
| <b>Sub Total Conexiones e interiores</b>                  |                         |          | <b>6.654.218.463</b>  |
| Obra Civil                                                |                         |          | 439.971.167           |
| Instalación tubería y accesorios                          |                         |          | 1.581.330.318         |
| <b>Sub Total Piping</b>                                   |                         |          | <b>2.021.301.485</b>  |
| Conexión a Petropower                                     |                         |          | 318.000.000           |
| Sistema de generación térmica (kW)                        |                         | 3.030    | 43.362.995            |
| Sistema de acumulación de calor (m3)                      |                         | 172      | 127.464.115           |
| Sistema de recirculación                                  |                         |          | 158.133.032           |
| Edificio Sala de Máquinas                                 |                         |          | 108.585.902           |
| <b>Subtotal Generación</b>                                |                         |          | <b>755.546.044</b>    |
| Imprevistos                                               |                         |          | 20%                   |
| <b>Inversión Total</b>                                    |                         |          | <b>11.317.279.190</b> |





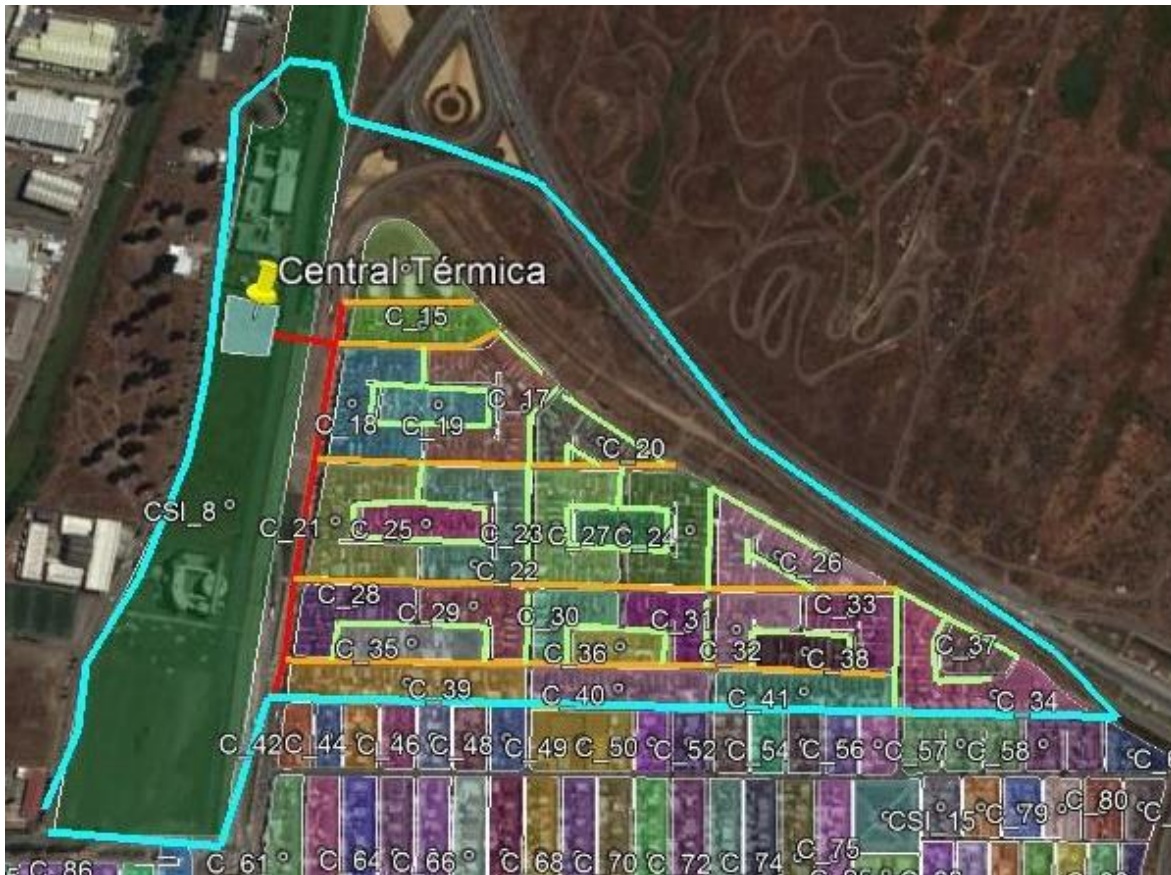


Ilustración 50 Diseño de red para calefacción distrital tipo árbol en Coronel

### 9.3.2. DISEÑO DE LOS SISTEMAS DE GENERACIÓN

Para el caso de Coronel, el proyecto parte del uso de calor residual de Oxiquim, con sus 3,1MWth de vapor disponibles a 3km al norte de la ubicación de la planta de generación del proyecto propuesto. Esta energía es libre de emisiones y podría ser gratuita, más allá de la amortización de la conexión, aunque se ha considerado un precio por su compra equivalente al propuesto para Petropower, 19.712CLP/MWh de calor útil.

La potencia disponible en Oxiquim está limitada a 3,1MWth, siendo el requerimiento de potencia nominal del sistema de Coronel de unos 10,5MWth, lo que obliga en cualquier caso a asumir parte de la generación y gran parte de la potencia de pico con calderas.

Se ha procedido a diseñar el sistema mediante una simulación horaria, incorporando una acumulación de corto plazo que permita reducir la potencia del sistema auxiliar y aumentar sus horas de operación y por lo tanto su amortización

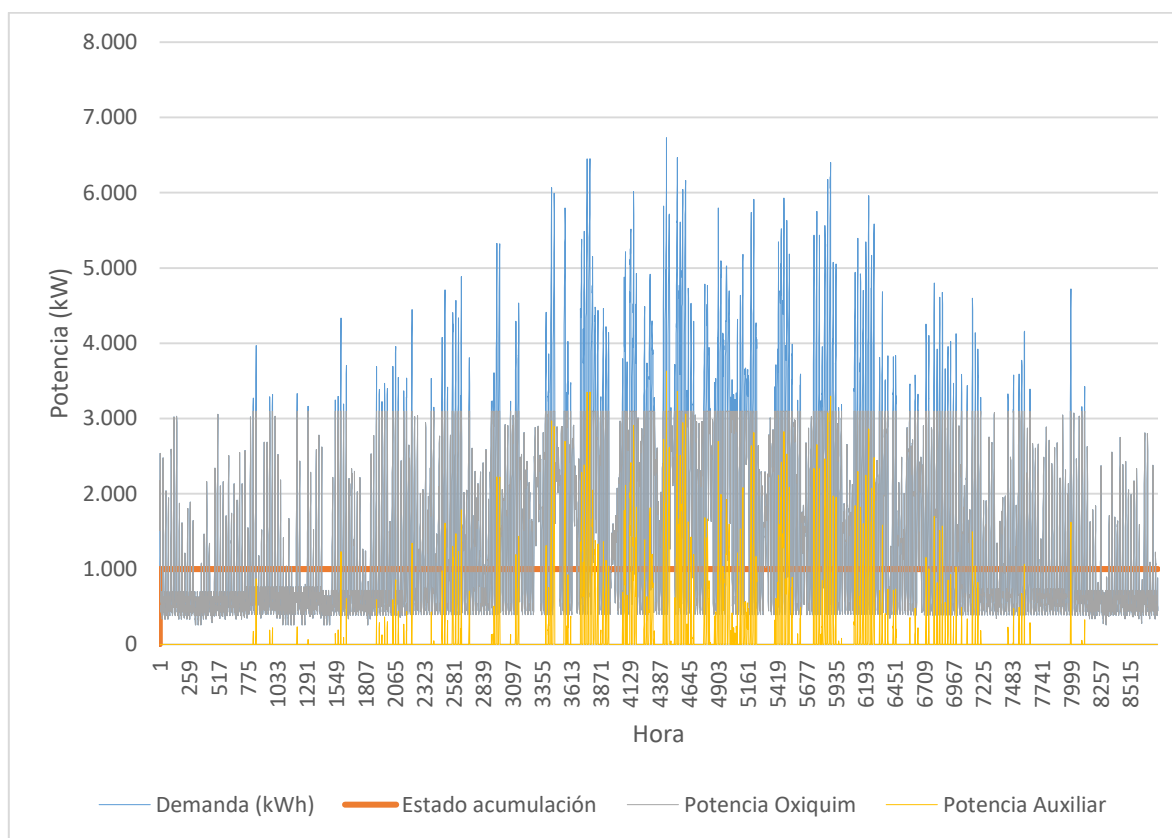
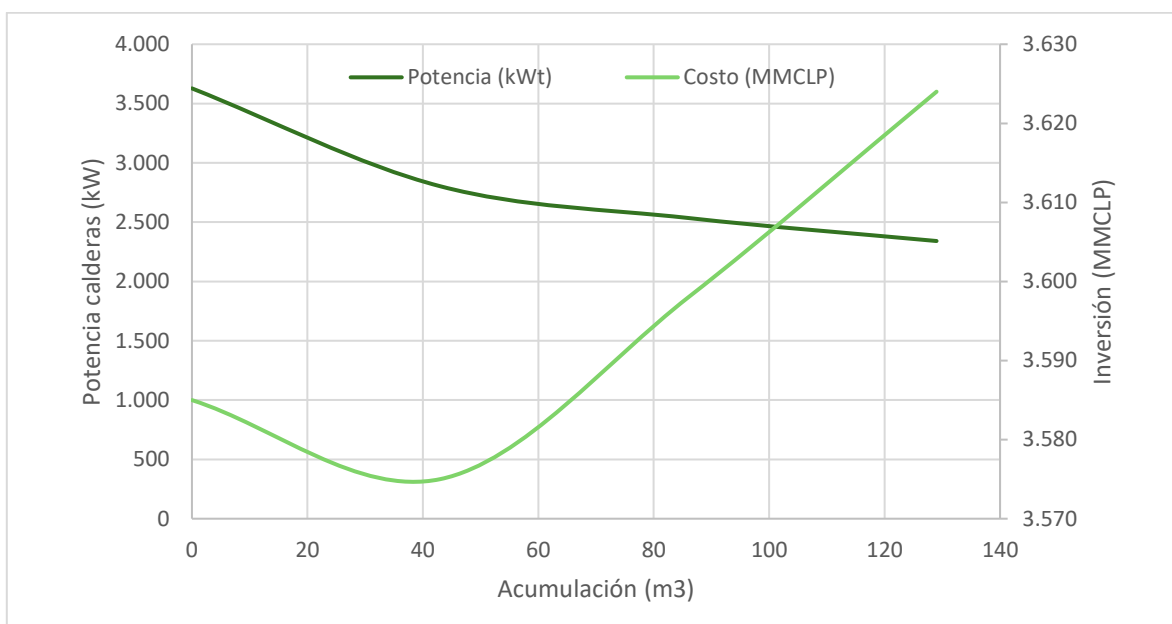


Ilustración 51. Gráfico horario de funcionamiento de los sistemas de generación y acumulación

Tabla 27. Determinación de combinación de mínimo costo potencia-volumen

| Volumen<br>(m3) | Potencia<br>(kWt) | Costo<br>(MMCLP) |
|-----------------|-------------------|------------------|
| 0               | 3.628             | 3.585            |
| 43              | 2.803             | 3.575            |
| 86              | 2.535             | 3.598            |
| 129             | 2.341             | 3.624            |



**Ilustración 52. Determinación de combinación de mínimo costo potencia-volumen**

La optimización de la acumulación ha permitido reducir la potencia total del sistema a 6,7MW y por lo tanto las caderas auxiliares a 2,8MW con una acumulación de 43m<sup>3</sup>, con una operación de 415 horas anuales.

Esta baja utilización de las calderas hace recomendable seleccionar una tecnología con un bajo costo específico de inversión, dado que la amortización de mejoras de rendimiento será a muy largo plazo con tan pocas horas de uso anuales. Por lo anterior y por tener una solución estándar como solución base de referencia para el proyecto, se ha dimensionado una central con calderas convencionales de gas natural, con los parámetros recogidos en la tabla siguiente.

**Tabla 28. Resumen de parámetros de diseño de la generación de calor en Coronel**

| Variable                     | Unidad  | Valor      |
|------------------------------|---------|------------|
| Potencia nominal del sistema | kW      | 10.590     |
| Potencia de calor residual   | kW      | 3.100      |
| Potencia requerida calderas  | kW      | 3.628      |
| Demanda neta                 | kWh/año | 10.634.394 |
| Pérdidas térmicas de red     | kWh/año | 2.266.617  |
| Demanda total                | kWh/año | 12.901.011 |
| Aporte calor residual        | kWh/año | 11.731.830 |
| Aporte calor central térmica | kWh/año | 1.169.180  |
| Consumo de electricidad      | kWh/año | 129.010    |



| Variable                       | Unidad         | Valor       |
|--------------------------------|----------------|-------------|
| Rendimiento estacional sistema |                | 90%         |
| Acumulación requerida          | <i>MWh</i>     | 1           |
| Volumen de acumulación         | <i>m3</i>      | 43          |
| Requerimiento de gas natural   | <i>kWh</i>     | 1.299.089   |
| Requerimiento de gas natural   | <i>MJ</i>      | 4.676.721   |
| Requerimiento de gas natural   | <i>m3</i>      | 115.549     |
| Costo unitario del gas         | <i>CLP/m3</i>  | 483         |
| Costo unitario del gas         | <i>CLP/MWh</i> | 43.000      |
| Costo mantenimiento red        | <i>CLP/año</i> | 36.229.974  |
| Costo mantenimiento calderas   | <i>CLP/año</i> | 7.074.224   |
| Costo calor Oxiquim            | <i>CLP/año</i> | 231.252.581 |
| Costo del gas                  | <i>CLP/año</i> | 55.860.836  |
| Costo de la electricidad       | <i>CLP/año</i> | 11.579.408  |
| Emisiones PM10 (kg)            | <i>kg/año</i>  | 23          |
| Emisiones PM2,5 (kg)           | <i>kg/año</i>  | 23          |
| Emisiones SOx (kg)             | <i>kg/año</i>  | 37          |
| Emisiones NOx (kg)             | <i>kg/año</i>  | 300         |
| Emisiones CO2 (kg)             | <i>kg/año</i>  | 262.364     |
| Superficie sala de calderas    | <i>m2</i>      | 363         |
| Superficie total de la central | <i>m2</i>      | 472         |

### 9.3.3. ANÁLISIS URBANÍSTICO SALA DE MÁQUINAS

#### 9.3.3.1. DESCRIPCIÓN DEL PREDIO

El predio propuesto para la instalación de la sala de máquinas se encuentra en el extremo norte del área urbana consolidada de la comuna, en el límite superior del polígono de interés, escogido de acuerdo a los valores de demanda energética. Se ubica estratégicamente aldaño a las grandes áreas de expansión de la comuna por lo que muy fácilmente se puede pensar en una infraestructura escalable.

Se corresponde a un predio de forma cuadrada de unos 4.200 m<sup>2</sup>, definido en el Plan Regulador Comunal como zona **ZE-1**, (Zona de Equipamiento 1). Con límite al norte con los predios de la Universidad de Concepción y el edificio la Unidad de Desarrollo Tecnológico, al sur con predios sin





edificar, al oriente con la Avenida Manuel Montt, vía colectora consolidada y al Poniente con la calle cordillera, vía local de servicio de la zona de Equipamiento. El sector en donde está el predio, se corresponde a una franja descrita en el Plan Regulador, como zona de Equipamiento entre la avenida Manuel Montt, El estero la Posada y la calle cerro San Francisco.

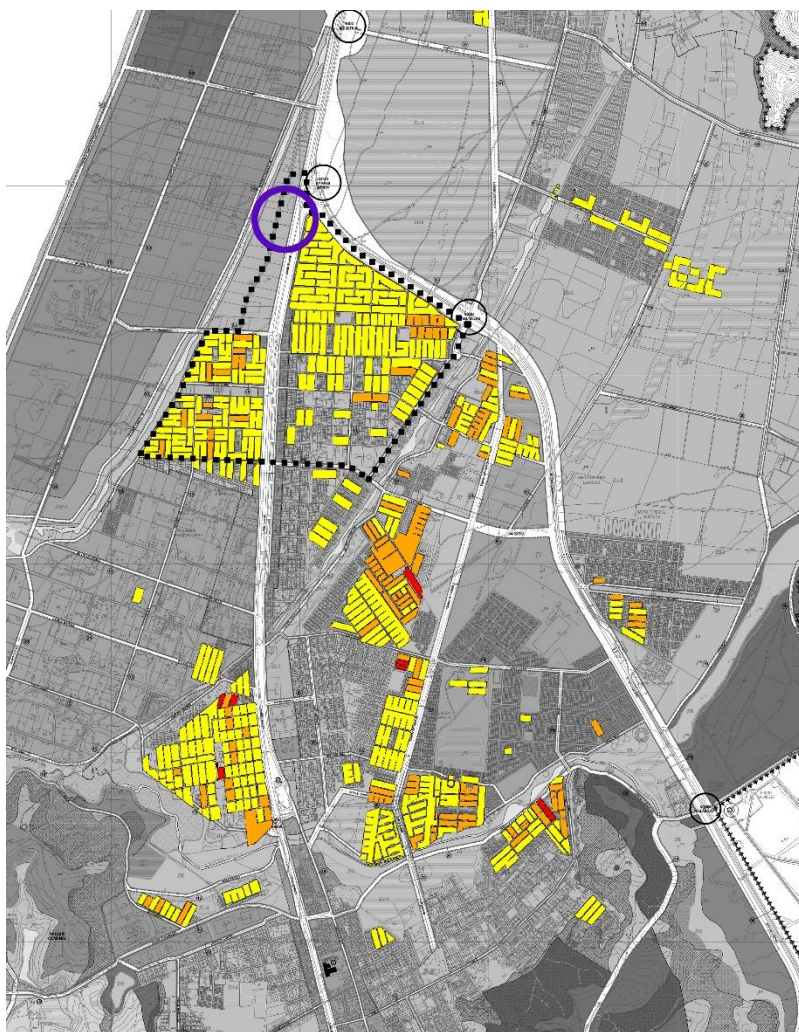


Ilustración 53. Situación predio seleccionado en el plano Regulador (destacado en círculo). Recorte PRC e intervención mapa de demandas. Equipo Redactor.

Si tenemos en consideración que la propuesta busca establecer un nuevo tipo de Infraestructura energética es viable plantear que la **recualificación del predio** propuesto es necesaria en cuando permite iniciar un proceso de transformación comunal de generación energética sostenible.

Aun así, ante esta propuesta, la Municipalidad expresó sus reservas al uso de este predio, debido a que existe mucha presión de recualificación sobre el mismo y aceptar este cambio sería problemático. Por ello se propuso como alternativa desplazar la sala de máquinas a la zona industrial aledaña, a muy poca distancia del lugar propuesto pero sin necesidad de recualificación.





### 9.3.4. BALANCE ENERGÉTICO Y AMBIENTAL

Para evaluar el balance energético y ambiental, se compara el nivel de consumo energético del caso de referencia, que es el actual, con el caso diseñado, lo que permite visualizar el ahorro de energía el ahorro global de emisiones contaminantes.

**Tabla 29. Comparativa energética y ambiental del caso base con el proyecto propuesto**

| Variable                        | unidad               | Caso Base        | Caso Calefacción<br>Distrital | Diferencia        |
|---------------------------------|----------------------|------------------|-------------------------------|-------------------|
| Potencia Edificios Singulares   | <i>kW</i>            | 293,65           | 293,65                        |                   |
| Potencia Viviendas              | <i>kW</i>            | 10.296,54        | 10.296,54                     |                   |
|                                 |                      |                  | 0,00                          |                   |
| Nº Casas 1                      |                      | 192,25           | 192,25                        |                   |
| Nº Casas 2                      |                      | 738,75           | 738,75                        |                   |
| Nº Casas 3                      |                      | 12,00            | 12,00                         |                   |
| Nº Casas Total                  |                      | 943,00           | 943,00                        |                   |
| Nº Departamentos                |                      | 59,00            | 59,00                         |                   |
| Nº Total de Viviendas           |                      | 1.002,00         | 1.002,00                      |                   |
| Nº Edificios                    |                      | 3,00             | 3,00                          |                   |
| Área Casas (m2)                 | <i>m2</i>            | 62.221,93        | 62.221,93                     |                   |
| Demanda Calefacción Edificios   | <i>MWh</i>           | 321,44           | 321,44                        |                   |
| Demanda Calefacción Casas       | <i>MWh</i>           | 8.440,96         | 8.440,96                      |                   |
| Demanda Calefacción Residencial | <i>MWh</i>           | 8.762,40         | 8.762,40                      |                   |
| Demanda ACS Residencial         | <i>MWh</i>           | 1.678,78         | 1.678,78                      |                   |
| Demanda Singulares              | <i>MWh</i>           | 193,21           | 193,21                        |                   |
| Demanda Total                   | <i>MWh</i>           | 12.901,01        | 12.901,01                     |                   |
| Pérdidas Térmicas de la Red     |                      | NA               | 2.266.617                     | 2.266.617         |
| <b>Emisiones PM10</b>           | <b><i>kg/año</i></b> | <b>19.730,97</b> | <b>23</b>                     | <b>-19.708,48</b> |
| <b>Emisiones PM2,5</b>          | <b><i>kg/año</i></b> | <b>18.369,08</b> | <b>23</b>                     | <b>-18.346,60</b> |
| <b>Emisiones SOx</b>            | <b><i>kg/año</i></b> | <b>262,06</b>    | <b>37</b>                     | <b>-225,02</b>    |
| <b>Emisiones NOx</b>            | <b><i>kg/año</i></b> | <b>2.643,21</b>  | <b>299</b>                    | <b>-2.344,30</b>  |

Tal como se puede observar, el ahorro en material particulado es prácticamente total, y muy significativos, por sobre el 90% los de SOx y NOx



### 9.3.5. EVALUACIÓN DE COSTOS

A continuación, se presenta la evaluación de costos resumen del sistema y el detalle de costos de la red de distribución.

**Tabla 30. Estimación de costos del conjunto del sistema distrital en Coronel**

|                                                           | Costo unitario<br>(CLP) | Unidades | Costo Total<br>(CLP) |
|-----------------------------------------------------------|-------------------------|----------|----------------------|
| Instalación interior y conexión Casas                     | 2.252.112               | 943      | 2.123.741.515        |
| Instalación interior y conexión Edificios y Departamentos | 2.571.549               | 59       | 151.721.382          |
| <b>Sub Total Conexiones e interiores</b>                  |                         |          | <b>2.275.462.897</b> |
| Obra Civil                                                |                         |          | 202.289.363          |
| Instalación tubería y accesorios                          |                         |          | 202.289.363          |
| <b>Sub Total Piping</b>                                   |                         |          | <b>404.578.725</b>   |
| Conexión a Oxiquim                                        |                         |          | 106.356.000          |
| Sistema de generación térmica (kW)                        |                         | 3.628    | 50.666.541           |
| Sistema de acumulación de calor (m3)                      |                         | 43       | 31.866.029           |
| Sistema de recirculación                                  |                         |          | 20.228.936           |
| Edificio Sala de Máquinas                                 |                         |          | 130.005.377          |
| <b>Subtotal Generación</b>                                |                         |          | <b>339.122.883</b>   |
| Imprevistos                                               |                         |          | 20%                  |
| <b>Inversión Total</b>                                    |                         |          | <b>3.622.997.406</b> |



## 10. DISEÑO DE LOS MODELOS DE NEGOCIO

---

### 10.1. PLANTEAMIENTO

La definición del modelo de negocio para cada caso debe partir y contemplar las necesidades, condicionantes y oportunidades de cada uno y el éxito del proyecto dependerá también en gran medida de lograr un planteamiento adecuado en este sentido.

Dado lo anterior, se ha hecho una prospectiva y un análisis de las tendencias a nivel internacional, seguido de un análisis de las limitaciones y oportunidades de la legislación chilena y un desarrollo concreto de varios modelos de negocio que podrían funcionar en Chile. Sobre los anteriores se hace una propuesta para cada caso.

### 10.2. EXPERIENCIAS INTERNACIONALES

#### 10.2.1. PLANTEAMIENTO DE MODELOS

Hay varias dimensiones o enfoques para desarrollar un modelo de negocio para un sistema DH. A la hora de hacerlo las principales cuestiones a abordar son: ¿quién es el propietario presente y futuro del sistema y de la empresa explotadora del DH?, ¿qué financiamiento hay disponible?, ¿qué alternativas de contratación hay disponibles? y ¿qué tipo de recursos y habilidades se requieren para las diferentes alternativas?

El modelo de negocio para un sistema DH es muy específico para cada proyecto, ya que depende de las circunstancias locales. Debe garantizar que todas las partes interesadas involucradas, incluidos los inversores, desarrolladores, propietarios, operadores, proveedores, consumidores finales y administraciones públicas, puedan lograr sus objetivos.

La mayoría de los modelos de negocio para un DH involucran al sector público hasta cierto punto, ya sea como un legislador, planificador, regulador o consumidor local, o más directamente a través de la propiedad parcial o completa de los proyectos. La participación del sector público es fundamental para coordinar proyectos múltiples y diversos en torno a una visión más amplia de toda la ciudad. Incluso los proyectos con un alto grado de control del sector privado todavía son, a menudo, facilitados o respaldados de alguna manera por el sector público.

Las experiencias internacionales apuntan a diferentes opciones pero las siguientes cinco son las más frecuentes:



- 1) Totalmente público, donde la inversión, la propiedad y la operación del sistema DH son controlados por la administración pública, sea la administración local, regional o estatal.
- 2) Totalmente privado, donde la inversión, la propiedad y la operación son totalmente controlados por una entidad de capital privado
- 3) Modelos mixtos respecto a la inversión, propiedad y operación, con participación de la administración pública y el capital privado
- 4) Cooperativas sin ánimo de lucro, de propiedad de los ciudadanos del lugar
- 5) Modelos mixtos respecto a la inversión, propiedad y operación, con participación de la administración pública, el capital privado y la comunidad local. Este último caso se denomina participación publico- privado – ciudadana y es un modelo emergente.

Las dos primeras alternativas contienen un 100% de propiedad homogénea, pública o privada, sin ningún compromiso entre los dos perfiles de entidades. Los proyectos totalmente públicos o totalmente privados en general pueden dividirse en dos tipología principales:

- Modelos sin concesión
- Modelos de concesión

Ambos modelos tienen sus pros y sus contras, y la elección del modelo a menudo está vinculada a las capacidades financieras, técnicas y operativas de los principales interesados.

Los modelos con concesión promovidos por la administración pública se pueden considerar como modelos mixtos, aunque hay que tener presente que una vez acabado el período de concesión vuelven a ser propiedad del promotor original.

#### 10.2.1.1. MODELOS SIN CONCESIÓN

Estos modelos se basan en un esquema donde el propietario del proyecto/desarrollador principal del proyecto mantiene la propiedad y la titularidad del proyecto de DH a lo largo de todas sus fases de desarrollo y operación. El diseño y la construcción del sistema generalmente se subcontratan bajo un contrato EPC<sup>4</sup> mientras que el funcionamiento del sistema lo lleva a cabo el propietario mismo o un proveedor/operador de DH.

La estructura es simple de ejecutar y tiene plazos de entrega relativamente cortos. Los esquemas de este tipo son comunes en el Reino Unido y en Canadá.

---

<sup>4</sup> EPC son las siglas en inglés de Engineering, Procurement and Comisioning, y se refiere a un contrato llaves en mano en el que un tercero se encarga de ejecutar y financiar la totalidad de la obra, desde su diseño a la puesta en marcha y recepción.



#### 10.2.1.2. MODELOS DE CONCESIÓN

Los esquemas de concesión se basan en que el propietario principal del proyecto/desarrollador emite un derecho hacia un tercero para suministrar la calefacción a los edificios dentro de un área de desarrollo bajo ciertas condiciones. Este acuerdo normalmente se denomina acuerdo de concesión y en estos casos el concesionario es propietario del sistema de calefacción del distrito, mientras dure la concesión.

Los modelos de concesión brindan considerable protección contra riesgos; ahorro en inversión y reducción de las responsabilidades para el propietario principal del proyecto/desarrollador. Las condiciones con respecto a la garantía de compra y los precios consecuentes son fundamentales para el modelo de negocio. En algunos casos, los esquemas de concesión se utilizan para adquirir capacidades financieras, técnicas y operativas suficientes de partes externas.

Una consecuencia de este modelo es que la contratación consiste principalmente en estructurar, desarrollar y negociar el acuerdo de concesión. Un acuerdo de concesión incluye, pero no se limita, a temas principales como:

- Definiciones del ámbito de concesión
- Plan espacial de concesión
- Plazos de diseño y construcción
- Guías o Masterplan de desarrollo
- Responsabilidades de construcción
- Obligaciones de operación
- Definiciones de servicios
- Indemnización, seguro y garantías

Además, los modelos de concesión normalmente incluyen diseño, construcción, financiamiento, operación y mantenimiento por parte de un proveedor o empresa conjunta con un proveedor externo para diseñar, construir, financiar y operar y mantener el sistema DH por un plazo fijo.

Los modelos de concesión se encuentran a menudo en el Reino Unido, Francia, EE.UU. y están llegando a China.

#### 10.2.2. TITULARIDAD PÚBLICA VERSUS PRIVADA

A continuación, se mencionan algunos de los aspectos de peso identificados en proyectos internacionales.

Propiedad pública:

- Facilidades en acceder a los fondos públicos nacionales





- Garantía de cumplimiento de los objetivos sociales y ambientales
- Aumenta la probabilidad de que la población local tenga voz y obtenga beneficios de un enfoque fundamentado en las condiciones locales
- Menor presión sobre el retorno de la inversión, y sobre la efectividad y competitividad de DH
- Oportunidades de economía de escala existen pero no son evidentes

Propiedad privada:

- Habilidad en encontrar el capital y un mayor conocimiento y experiencia en gestión de riesgos
- Conocimiento técnico y económico-financiero de este perfil de proyectos
- Toma de decisiones más flexible y más independiente de las influencias políticas directas
- Oportunidades de economía de escala fácilmente aprovechables
- Capacidad de cumplimiento de estándares de calidad de servicio

#### 10.2.2.1. EJEMPLOS DE TITULARIDAD TOTALMENTE PÚBLICA

Los ejemplos de negocio totalmente controlado por la administración pública son los sistemas de ciudades como Helsinki, Múnich, Gotemburgo, Viena, Budapest, Belgrado, Bergen, Brest, barrio Islington en Londres o el área de SEFC NEU de Vancouver. Estos no excluyen la externalización de la operación o mantenimiento del sistema por terceros. Sin embargo, la propiedad del sistema así como el control total del negocio es público.

#### 10.2.2.2. EJEMPLOS DE TITULARIDAD TOTALMENTE PRIVADA

Por otro lado, los ejemplos de sistemas de control privado pueden ser: Berlín y Hamburgo en Alemania o Uppsala, Malmö o Norrköping en Suecia.

#### 10.2.2.3. EJEMPLOS DE MODELOS MIXTOS

Existe un amplio abanico de modelos mixtos, aquí citamos algunos más habituales:

- a) Modelo de concesión está implementado en París, Barcelona o en el Parque Olímpico de Londres
- b) Modelo de generación de calor privada, el resto del sistema público en Copenhague, Varsovia, Brno, Riga, Bucarest
- c) El modelo de la participación privada minoritaria, en donde la parte privada es seleccionada por un concurso - Pilsen, Düsseldorf o a través de la bolsa - Mannheim, Wrocław



- d) El modelo de la participación privada mayoritaria, como en las ciudades de Praga, Bratislava o Toronto
- e) El modelo basado en contrato de arrendamiento y operación, que se están aplicando en Tallin o Vilnius por ejemplo

#### 10.2.2.4. EJEMPLOS DE EMPRESAS COOPERATIVAS

Como comentamos antes, la propiedad en este caso es de los ciudadanos del lugar, frecuentemente usuarios del sistema DH. Es un modelo utilizado a menudo en Dinamarca y Austria, aunque no exclusivamente. Podemos mencionar los ejemplos de Gran Bretaña como Southampton o Aberdeen.

#### 10.2.2.5. EJEMPLOS DE MODELOS MIXTO DE PARTICIPACIÓN PÚBLICO- PRIVADO-CIUDADANA

Aquí podemos citar el ejemplo de Copenhague o de Eeklo. En Copenhague se ha conformado un ecosistema que puede parecer complejo, pero es resultado de un proceso de búsqueda del sistema óptimo en cuanto al cumplimiento de los objetivos de políticas energéticas y ambientales del país. En este caso la generación de calor es privada, esta energía la adquiere la empresa municipal de transporte de calor que luego la traspasa a las cooperativas locales que la venden a consumidores finales, que son miembros de estas cooperativas. En este caso los clientes se conectan a través de un acuerdo según el cual se convierten en miembros-propietarios de la cooperativa.

El modelo danés se basa en una ley estatal según la cual los municipios están obligados a determinar la infraestructura de distribución de energía adecuada. Luego los propietarios de edificios o de viviendas, están obligados a conectarse a la red de DH. Esto elimina el riesgo relativo a la demanda de calor, que siempre es una de las principales incógnitas y así riesgos para el dimensionado, desarrollo y financiamiento de proyectos de calefacción de distrito. Evidentemente, con esto se crea una especie de monopolio en el mercado de calefacción. Para contrarrestar el potencial abuso de la situación de monopolio, todos los comercializadores de calor están legalmente obligados a ser entidades sin ánimo de lucro, por lo tanto son empresas cooperativas, mutuas o empresas municipales. Las empresas municipales habitualmente poseen y operan los sistemas de transmisión y/o distribución, mientras que las cooperativas y mutuas realizan la venta al por menor de calor directamente a los clientes. Aunque los comercializadores de calor no compiten por los clientes, sí compiten entre sí para ofrecer los precios de calefacción más bajos. La Autoridad Reguladora de la Energía de Dinamarca supervisa el sistema y publica listas anuales de los precios del calor ofrecidos por los comercializadores.



### 10.3. MARCO LEGAL CHILENO

El actual modelo de colaboración entre el Estado y el sector privado se encuentra inspirado y enmarcado en el modelo propuesto por varias teorías de la Administración del Estado, entre ellos, la teoría de la “Nueva Gestión Pública”<sup>5</sup> (Pliscoff & Araya, 2012). Estos procesos de colaboración posibilitan la generación de arreglos institucionales para la solución de problemas públicos, que permiten, entre otros, la obtención de recursos necesarios para generar obras o actividades de alto costo, donde la flexibilidad del sector privado resulta una alternativa potente que puede permitir abordar los procesos con mayor celeridad e innovación. Dichos procesos de colaboración se denominan como “Alianzas Público-Privadas”, que se pueden clasificar de acuerdo con los objetivos que motivan dichos procesos, y las responsabilidades tanto del sector público como del privado en el enlace. Así, es como se pueden generar alianzas con los siguientes objetivos: Operación y Mantenimiento de Infraestructura; la Rehabilitación, Operación y Transferencia; El Diseño, Construcción, Operación y Mantenimiento, el Diseño, Construcción y Operación, y finalmente el Diseñar, Construir, Financiar y Operar, tal como se muestran en el siguiente cuadro:

**Tabla 31. Tipos de modelos de Alianzas público-privadas y responsabilidades del sector público y privado.**

| Tipo de modelo de APP                        | Responsabilidades del Sector Público                                                                                                                                                         | Responsabilidades del Sector Privado                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
|----------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Operación y Mantenimiento de Infraestructura | Un activo existente que es propiedad del sector público (el cual ya fue planificado, diseñado, construido y financiado). El monitoreo y regulación de los aspectos financieros se mantienen. | El sector privado administra el activo a través de la operación y el mantenimiento de éste en una condición determinada y recibe un pago por la operación, el mantenimiento o la administración.                                                                                                                                                                             |
| Rehabilitación, Operación y Transferencia    | Un activo ya existente propiedad del sector público es transferido al sector privado. La planificación y la especificación del servicio o el activo es hecha por el Estado.                  | El sector privado rehabilita (lo cual incluye la modificación del diseño, la construcción de acuerdo con parámetros, los requerimientos que hace el sector público y el financiamiento). Administra el activo a través de la operación y el mantenimiento del lugar de acuerdo con ciertos parámetros por un pago hasta cierto momento en que es devuelto al sector público. |
| El Diseño, Construcción,                     | Planificación (especificación de los requisitos para el activo o servicio), financiamiento del costo del activo,                                                                             | Diseño del lugar (de acuerdo con los requerimientos del sector público), construcción, operación y mantenimiento                                                                                                                                                                                                                                                             |

<sup>5</sup> C Pliscoff y J Araya: Estado, Gobierno, Gestión Pública. Revista Chilena de Administración Pública. ISSN 0717-6759. Nº19 (2012) pp. 173 / 198



| Tipo de modelo de APP                  | Responsabilidades del Sector Público                                                                                                                                                                                                                       | Responsabilidades del Sector Privado                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
|----------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Operación y Mantenión                  | monitoreo y regulación del desempeño del activo o servicio.                                                                                                                                                                                                | del activo (junto al financiamiento de los gastos de operación, por un pago).                                                                                                                                                                                                                                                                                            |
| Diseño, Construcción y Operación       | Planificación (especificación de los requisitos para el activo o servicio), adquiere el activo por un precio acordado previamente. Monitoreo y regulación del activo; los servicios de gestión financiera son mantenidos.                                  | Diseño del lugar (de acuerdo con los requerimientos del sector público), construcción, operación y mantención del activo por un pago.                                                                                                                                                                                                                                    |
| Diseñar, Construir, Financiar y Operar | Planificación (especificación de los requisitos para el activo o servicio), pago por la disponibilidad y/o el uso del activo (y los servicios) a través de un pago unitario. Monitoreo y regulación de los servicios de gestión financiera son mantenidos. | Diseño del lugar (de acuerdo con los requerimientos del sector público o especificaciones sobre resultados), financiamiento, construcción, operación y mantenimiento del activo. Se mantiene la propiedad y los riesgos asociados por los activos transferidos al sector público al final. Recibe un pago que refleja la inversión en capital y los gastos de operación. |

Fuente: (Robinson, Carrillo, & Anumba, 2010, pág. 8)

En el caso chileno de concesiones de infraestructura son un claro ejemplo de las alianzas Público-Privadas del tipo Construcción, Operación y Transferencia, como el primer caso detallado en la tabla anterior en el que la empresa privada construye, financia y opera un proyecto de infraestructura y cobra por el uso de servicios asociados por un tiempo determinado con anterioridad, y luego de este período transfiere la infraestructura al sector público.

Las bases legales de este modelo de concesión están dadas por un marco normativo que data de 1996, elaborado por medio de un **Decreto supremo número 900 del Ministerio de Obras Públicas**, que fijó el texto refundido, coordinado y sistematizado del decreto con fuerza de ley MOP 164 del año 1991, modificado en 2010 por la ley 20.410 <sup>6</sup>, que vino a reemplazar la fuente legal anterior, para efectos de la construcción de infraestructura pública databa del año 1982, por medio del decreto con fuerza de ley 591. Este Decreto Supremo se complementa además por el Reglamento de la Ley de Concesiones. Además, cada contrato queda regulado además por el Convenio de Mandato, si correspondiere, las Bases de precalificación de la concesión, las Bases de Licitación y Circulares aclaratorias, la Oferta Técnica y económica presentada por el oferente en la postulación a la Licitación y, finalmente, por el Decreto Supremo de Adjudicación.

El programa de concesiones de obras de Infraestructura chileno se considera exitoso, y los aspectos claves de dicho éxito han sido identificados como la posibilidad de presentación de iniciativas

<sup>6</sup> Cabe señalar la existencia de distintos instrumentos complementarios al contrato de concesión contemplados en la Ley y el Reglamento de Concesiones: Las pautas mínimas de diseño y construcción, las Bases de licitación; la Oferta, el Decreto de Adjudicación y el Reglamento de Servicio de Obra.



privadas, es decir, la posibilidad de presentar proyectos que no han sido solicitados por el Estado, el establecimiento de requisitos claros en las licitaciones, la posibilidad de generar modificaciones de contratos y compensaciones económicas, el establecimiento de un mecanismo de gestión de controversias, la generación clara de derechos y obligaciones de los concesionarios, y finalmente, la generación de un sistema de “Prendas” especiales para las concesiones de obras públicas.

Por otro lado, y con fuente legal en la Ley eléctrica, se encuentra también en Chile el modelo de “Concesiones temporales y definitivas”, utilizado para efectos de construcción de obras que implican la construcción de sistemas eléctricos, y como el caso de METROGAS S.A. En este modelo, no se considera el traspaso de la infraestructura desde el privado al Estado, en el caso de la concesión definitiva, si no, que se considera como contratos de duración indefinida. En el caso de las concesiones de carácter temporal, estas pueden ser asignadas por un plazo máximo de 2 años.

## 10.4. MODELOS ESTRUCTURA SOCIETARIA

Para el abordaje de la construcción de este tipo de proyecto particular, que se refiere a una obra pública de mayores dimensiones y complejidad, es necesario revisar distintos modelos de negocios con los que se podría abordar la construcción de estos proyectos, para ello, se han identificado distintos casos, como el de METROGAS del tipo Construcción, Operación y Transferencia, el modelo utilizado por los sistemas de Agua Potable Rural, el modelo de la creación de una empresa pública, como el caso de EMERES y un modelo de creación de empresa de capitales mixtos, es decir públicos y privados.

A continuación, se detallan algunos aspectos de cada caso planteado:

### 10.4.1. MODELO “METROGAS”

Para la construcción de la red de consumo de gas natural, que fue gestada durante los años 1995, en los que igualmente se utilizó un modelo de concesión, cuya particularidad es que a diferencia de las concesiones de construcción de infraestructura pública se utilizó el modelo de “Concesión Definitiva”, utilizada para efectos de la construcción de servicios eléctricos, y entregada por medio de Decreto Supremo, en la que el plazo en el que se otorga la concesión se efectúa por un plazo indefinido<sup>7</sup>, tal como lo establecen los artículos 24 y 30 de la ley Eléctrica. Para efectos del financiamiento de este modelo, METROGAS generó un proceso de endeudamiento propio, por medio de un préstamo que tomó con fondos internacionales por 85 millones de dólares. Cabe destacar que la construcción de los gasoductos estaba enmarcada en el proceso de generación de un cambio en la matriz energética de Santiago, principalmente, y por el establecimiento de un acuerdo comercial entre Chile y Argentina, el que permitió a Chile acceder a la compra de Gas a precios preferenciales,

---

<sup>7</sup> Diario Oficial, 11 de noviembre de 2016, publicación del Decreto 148, que “Otorga a METROGAS S.A. concesión definitiva de distribución de gas en red en las comunas de Villarrica y Pucón, Región de la Araucanía.





por lo que la motivación y apuntalamiento del proyecto provino directamente desde la presidencia de la nación. Cabe destacar que, para efectos legales, las concesiones otorgadas a METROGAS operan como concesiones de tipo eléctricas.

#### 10.4.2. MODELO “APR”

Otro modelo para la construcción de obras que requieren alta inversión es el modelo de construcción de sistemas de Agua Potable Rural (APR), en la que el proceso de construcción es financiado por el sector público, mediante la Ley de presupuestos de la Nación, mediante los Fondos de Iniciativas de Inversión, y por el Programa de Provisión de Infraestructura Rural de la Subsecretaría de Desarrollo Regional, lo que se canaliza mediante el sistema del Fondo Nacional de Desarrollo Regional, por medio del programa de APR's. Para el proceso de construcción se requiere la asesoría de una Unidad Técnica, la inscripción de vecinas y vecinos con los “arranques” de agua, de los que deben garantizarse al menos 100, es decir, el aseguramiento de la cantidad de clientes para la obra construida. Posteriormente, para la fase de operación del sistema, se puede recurrir a dos modelos: La creación de una cooperativa entre las y los beneficiarios, o la creación de un comité ejecutivo que administrará el sistema, a quienes se les traspasa la administración de las obras.

En general, para efectos de la construcción de los sistemas de Agua potable rural, el aporte fiscal corresponde a alrededor de un 85% del total de la inversión que debería ser administrada por el comité de vecinas y vecinos, o por la cooperativa; el resto de los recursos corresponde a aportes financieros o de mano de obra de vecinos y vecinas (Dirección de Obras Hidráulicas, 2017)

#### 10.4.3. MODELO PÚBLICO. “EMERES”

El modelo de la Empresa Metropolitana de Residuos Sólidos (EMERES) es un ejemplo de una empresa de propiedad Pública, directamente de propiedad de 21 Municipios de la Región Metropolitana que se agrupan para generar una empresa que permita dar solución a la problemática del retiro de residuos sólidos domiciliarios, en el contexto de la “guerra de la basura” ocurrida durante el año 1985. En este caso, se creó una empresa de responsabilidad limitada con base en el articulado de la antigua ley de municipalidades, que facultaba a los Municipios para excepcionalmente crear empresas de su propiedad, con fines de lucro. Acá, se pasó la administración de un vertedero en conflicto con la comunidad, los pobladores que vivían en sectores aledaños al vertedero de Lo Errázuriz, y se crea la empresa con miras a la búsqueda de la solución del conflicto producido por la falta de lugares de disposición final de residuos de la comuna, por lo que sus actividades estuvieron inmediatamente vinculadas a la búsqueda de lugares en los que implementar vertederos, además, de capitalizar mediante un contrato con GASCO S.A. para la explotación del gas metano producido en el lugar por la descomposición de los residuos orgánicos que se hallaban en el lugar (EMERES, 2015). Cabe destacar que, a pesar de que esta iniciativa fue realizada por medio de la antigua ley de municipalidades, en la actualidad existe la posibilidad de impulsar algo similar, de acuerdo a lo establecido en la Ley Orgánica Constitucional de Municipalidades, específicamente en el artículo 11; sin embargo, en dicho artículo se establece que para poder crear o participar de una empresa de



estas características es necesaria la aprobación mediante una ley de cuórum calificado, lo que implica un proceso de larga data.

Las actividades que efectúa la empresa EMERES S.A. tienen relación con los siguientes tópicos (Jaime Cataldo Uribe, 2014):

- Impulso de políticas públicas. Talleres, seminarios, creación de RELAGRES Directorio y Observatorio de residuos, REP, y Asociación de Municipios MSUR,
- Servicio de Inspección Técnica y Auditorías a Rellenos Sanitarios,
- Impulso de Convenios Marcos de Servicios Operacionales,
- Plan Piloto de Residuos Reciclables,
- Elaboración y Gestión de Proyectos de Inversión Industrial.

Esta empresa gestiona por sí misma su mantenimiento, y rentabiliza por medio de la acción propia, y tiene la capacidad de crear relaciones con otras empresas privadas, como en el caso de GASCO S.A., e inclusive puede subcontratar; puede generar contratos con los Municipios, los que se generan por medio de convenios Marcos y licitaciones en las que compite con otras empresas sanitarias, y además tiene la capacidad de generar facturaciones a clientes individuales, es decir, a personas naturales, sin embargo, dado el giro del negocio de esta misma, no efectúa dicho proceso.

#### 10.4.4. MODELO PPP

Así como en el caso anterior, el modelo de negocios en el que existe participación Pública y Privada en colaboración no se encuentra comprendido como tal en la legislación nacional, sin embargo, en el Artículo 11 de la Ley Orgánica Constitucional de Municipalidades se establece que las Municipalidades podrán crear o hacer parte de empresas, siempre y cuando sean autorizadas para estos casos por medio de leyes de cuórum calificado.

#### 10.4.5. MODELO BOT (BUILD OPERATE TRANSFER)

Tal como se describió en el punto “Marco Normativo” respecto a los casos de las Alianzas Público-Privadas, este modelo, en el que se establecen concesiones que son construidas, operadas y posteriormente transferidas al sector público son las que rigen a las Concesiones de Obras Públicas reguladas por el Ministerio de Obras Públicas, en los que se evalúa a los proyectos a 20 años, y en los que el plazo máximo de transferencia de la infraestructura hacia el sector público es de 50 años. En este caso, se busca solucionar un problema público con apoyo del sector privado, y el sector público provee aspectos como terrenos o parte del proyecto en algún estado de avance, como en aquellos casos en los que se concesiona un camino ya construido pero que necesita de mejoramientos o de mantenimiento.



## 10.5. ESTRUCTURA TARIFARIA

### 10.5.1. PLANTEAMIENTO

De cara a los proyectos objeto de este trabajo, se considera de vital importancia adaptar la estructura tarifaria y el modo de uso de la calefacción a la realidad, las necesidades y las posibilidades de los clientes objetivo o beneficiarios del servicio.

### 10.5.2. EXPERIENCIAS INTERNACIONALES

#### 10.5.2.1. INTRODUCCIÓN

La mayoría de los sistemas tarifarios procura trasladar los costes reales del proyecto, de forma individualizada, mediante las facturas al cliente final. Aun así, existen instalaciones que en su día fueron concebidas sin capacidad de contaje individualizado por lo que el operador no tiene capacidad de una facturación según los consumos y capacidades reales sino de forma prorrateada, basándose en las superficies o volumetría del espacio calefaccionado o según el número de radiadores. En Europa, ya en 1993 la Directiva 93/76/CEE del Consejo, de 13 de septiembre de 1993, relativa a la limitación de las emisiones de dióxido de carbono mediante la mejora de la eficacia energética (SAVE), en su artículo 3 requería la aplicación de programas relativos a la facturación de los gastos de calefacción, climatización y agua caliente sanitaria, calculados en función del consumo real. Luego, la Directiva Europea 27/2012 del Parlamento Europeo y del Consejo de 25 de octubre de 2012 relativa a la eficiencia energética, impone en su artículo 9 varias obligaciones relacionadas con la contabilización individualizada de consumos de energía, entre ellas la relativa a la energía térmica de los sistemas de calefacción centralizados, con la pretensión de que el consumidor conozca periódicamente el consumo que realiza para poder adecuar el uso que hace de la energía y para que pague en función de lo que consume.

Los sistemas tarifarios contemporáneos en la gran mayoría de los casos comprenden como mínimo dos partes: una parte fija que no varía de un periodo de facturación a otro, y una parte variable relacionada al consumo. Estos sistemas frecuentemente introducen varios conceptos, cada uno asociado a una de las fases o funciones del sistema de calefacción del distrito. Los capítulos más frecuentes son los siguientes:

- Costo de derecho de conexión
- Costo de capacidad o potencia reservada
- Costo de consumo de energía
- Costo de caudal utilizado o relativo al salto térmico

Los primeros dos componentes son de tipo fijo mientras que los segundos dos son de tipo variable. Aunque evidentemente existen diferencias de un sistema a otro. A título de ejemplo podemos citar que la Unión Energética de Tirol Sur, Austria, opera 82 sistemas y sostiene que tiene 82 diferentes modelos tarifarios.



Al cliente se le giran facturas mensuales que contienen importes desglosados por conceptos que se aplican en cada caso.

#### 10.5.2.2. COSTO DE DERECHO DE CONEXIÓN

El costo de derecho de conexión normalmente se paga una vez, al conectarse al sistema. Esta partida es relativa a la inversión necesaria de conectar un cliente a partir de la red existente, en el caso de un sistema en funcionamiento, o de la red de distribución planificada, si se trata de un sistema nuevo. En el caso de conexión de edificios nuevos, este costo lo tiene que cubrir el promotor del edificio. En el caso de los edificios existentes, el propietario es quien tiene que pagar la conexión. Esta partida puede ser susceptible a ser cubierta por la administración pública, mediante subvenciones u otros mecanismos. En algunos casos esta partida la financia el propio operador del sistema para luego incluir su pago a plazos dentro de la factura mensual del servicio.

Este concepto se suele aplicar en España, Suecia, Holanda, Finlandia, Polonia, Bulgaria, China, entre otros países.

#### 10.5.2.3. COSTO DE CAPACIDAD

El costo de capacidad se cobra en concepto de la potencia reservada para el cliente. Con esta componente de la tarifa se cubren los costos de inversión en el sistema— CAPEX: instalaciones de generación de calor, red de distribución y el sistema de bombeo, intereses de financiación, seguros, entre otros. Este costo se factura mensualmente y está relacionado con la potencia máxima que puede recibir el cliente. La capacidad se determina de varias maneras. En algunos países se utiliza el consumo:

- Según los equipos instalados: en este caso se utiliza la potencia nominal de la subestación instalada en la propiedad del cliente
- Según el consumo de los periodos pasados: se calcula utilizando el método que divide el consumo medio en años anteriores por el número teórico de horas en el año en que el sistema DH tiene que operar para satisfacer la demanda energética
- Según la medición exacta realizada en los periodos pasados: es resultado de las mediciones exactas realizadas mediante contadores inteligentes.

Este concepto se aplica en sistemas en España, Suecia, Holanda, Finlandia, Alemania, entre otros países.

#### 10.5.2.4. COSTO DE CONSUMO DE ENERGÍA

El costo de consumo de energía corresponde a gastos operativos – OPEX- del sistema: costos de producción de la energía térmica, de la electricidad empleada para el bombeo, así como otros costos de operación y mantenimiento. Se factura mensualmente a partir del consumo registrado por el



contador de energía térmica. Esta componente de tarifa se aplica en todos los sistemas que contemplan la medición real del consumo independientemente del país.

#### 10.5.2.5. COSTO DE CAUDAL UTILIZADO O RELATIVO AL SALTO TÉRMICO

El costo de caudal utilizado es un concepto relativamente nuevo que se aplica en algunas ciudades de Suecia. Su objetivo es incentivar los consumidores a utilizar el suministro de calor de forma más eficiente. En principio se puede introducir un costo por el caudal que pasa por la subestación o se puede marcar un valor límite que no tiene costo; el caudal excedente se cobra al cliente. Este concepto pretende penalizar la ineficiencia de las instalaciones del usuario que perjudican la eficiencia global del sistema. Este concepto se aplica con más frecuencia en las redes de enfriamiento urbano ya que el salto térmico en este caso es muy limitado y conviene procurar mantenerlo en su nivel máximo.

De forma parecida, en Dinamarca las empresas suministradoras de calefacción de distrito incentivan a los usuarios a reducir la temperatura de retorno. En algunos casos se aplica el principio “bonus – malus”: los usuarios que realizan el retorno a temperatura inferior de la media de sistema reciben un premio – descuento en la tarifa, mientras que los que devuelven el fluido a una temperatura superior de la media del sistema son penalizados.

#### 10.5.2.6. OTROS ASPECTOS DE SISTEMAS TARIFARIOS

En algunos países se diferencian las tarifas por temporadas, segregando en dos – invierno/verano, o tres invierno/verano/entretiempo períodos. En estos casos las tarifas de inviernos son más altas ya que es periodo de demandas punta. Este tipo de tarifación se aplica de forma frecuente en Suecia.

En Estocolmo se aplica una tarifa escalonada, con un precio más económico si el usuario consume por debajo de la demanda base y un precio más alto cuando el consumo aumenta por encima de este.

En Barcelona el cliente puede escoger entre dos tarifas: una de larga utilización y otra de corta utilización. En la de larga utilización la componente de capacidad (€/kW) es más alta respecto a la corta utilización, mientras que la componente de consumo de energía (€/kWh) es más baja para la larga utilización respecto a la corta utilización. Con esto se pretende ofrecer al cliente un ajuste para sus necesidades según la dinámica de uso del edificio.

En algunos sistemas se ofrece una tarifa especial, más alta, para el “calor verde”, energía de procedencia garantizada 100% renovable.

Se prevé que en un futuro, en los sistemas grandes, se habilite tarifación dinámica con variación de precios hora a hora, a semejanza de los sistemas eléctricos.





#### 10.5.2.7. FORMACIÓN DE PRECIOS

En algunos países, como Finlandia o Suecia, los precios no están regulados así que las compañías suministradoras los fijan de forma libre. En cambio, en Francia, Holanda, Japón, Eslovenia, Polonia, la provincia canadiense de British Columbia, entre otros, los precios son regulados. En Dinamarca los precios no están regulados pero el sector en general si, condicionando que las suministradoras sean entidades sin ánimo de lucro.

En España el sector no está regulado así que algunos sistemas tienen precios libres mientras que otros están regulados por la administración local, como es el caso de Barcelona.

Cuando se trata de tarifas reguladas, es muy importante garantizar, tanto la protección del usuario final como la sostenibilidad económica del sistema. Las tarifas reguladas se pueden plantear como:

- Tarifa en base al costo de tecnología alternativa. Aquí se evalúa el costo del mismo servicio suministrado por otra solución tecnológica y se fijan tarifas de calefacción de distrito al mismo nivel o algo inferior que el costo de la tecnología alternativa.
- Tarifa en base al traspaso de los costos reales al consumidor. Se trata de un sistema que determina que tipología de costos se pueden trasladar al consumidor; a partir de estos se forman las tarifas.
- Tarifa resultante de la limitación y control del beneficio económico de la empresa que presta el servicio. Al acotar el máximo beneficio del suministrador, este no tiene interés de aumentar sus tarifas más allá de las que le proporcionan el máximo beneficio permitido.

Cuando los precios están regulados, sobre todo cuando se trata de tarifa en base al costo de tecnología alternativa, habitualmente se prevén los mecanismos de actualización de precios. Estos suelen ser indexados con los combustibles convencionales o con tarifas eléctricas. En el caso de Holanda o España el precio de calor frecuentemente se indexa con el precio de gas natural.

En ocasiones, diferentes partes de un mismo sistema pueden tener costos diferentes debido a su posición (distancia) geográfica, por diferentes densidades de demanda térmica, por ayudas públicas adjudicadas a una determinada fase del proyecto. Así mismo, se pueden plantear diferentes tarifas para diferentes perfiles o tipologías de usuarios: residencial, comercial, industrial, etc.

#### 10.5.3. PROPUESTA DE TARIFAS PARA LOS PROYECTOS

La disponibilidad ilimitada de calor en viviendas sin cultura de uso de la calefacción central, acostumbrados a temperaturas de confort bajas, puede derivar fácilmente en consumos muy



elevados de calor que deriven en facturas energéticas muy superiores a lo esperado por los usuarios, por lo que este debe ser un tema a tomar en cuenta.

Se plantean dos alternativas para intentar solventar esta problemática:

- **Tarifa plana:** Un sistema de tarifa plana con pago mensual que incluya paquetes de energía a un precio estable y que los dispositivos de conexión a la red dosifiquen a la vivienda diariamente, limitando la potencia entregada de forma diaria, para evitar dichos problemas de sobrefacturación por mal uso que puedan llevar a la desconexión por exceso de gasto a los clientes. Se podría referenciar mentalmente a las “Metrobolsas” de gas que actualmente comercializa Metrogas.
- **Prepago:** Un sistema que permita de forma fácil al usuario recargar su disponibilidad de energía, como se hace hoy con los contratos de telefonía prepago, y que permita visualizar el saldo disponible, incluya alarmas por bajo nivel de disponibilidad e incluso un sistema del tipo “Presta luca” que permita entrar en saldo descubierto, contrayendo una deuda. Este sistema permitiría a los usuarios tener muy presente lo que gastan y no gastar más de lo que quieran pagar. Además, la similitud con el uso del celular y el hecho que se pueda gestionar a través de este facilitaría su aceptación.

Más allá de optar por uno u otro sistema, se ha analizado financieramente los proyectos usando un monto fijo de consumo por vivienda, según si es casa o departamento, asociado al concepto de tarifa plana, basado en los costos de calefacción y ACS actuales tipo.

Tabla 32. Propuesta de tarifas de venta de calor

| Descripción                                  | Costo Tarifa (CLP/año) | Costo energía (CLP/MWh) |
|----------------------------------------------|------------------------|-------------------------|
| Tarifa Plana de 9MWh/año para casas          | 400.000                | 44.444                  |
| Tarifa Plana de 12MWh/año para departamentos | 550.000                | 45.833                  |
| Costo unitario energía gran consumidor       |                        | 47.778                  |
| Costo unitario energía mediano consumidor    |                        | 57.333                  |
| Costo unitario energía pequeño consumidor    |                        | 66.889                  |



## 10.6. MERCADO DE EMISIONES

La próxima aprobación del Plan de Descontaminación Atmosférica (PDA) del Concepción Metropolitano instalará sobre distintos actores la obligatoriedad de reducir o compensar emisiones dentro de la cuenca atmosférica de Concepción.

Esta necesidad, podrá generar un mercado local de emisiones, en el que aquellos que generen ahorros de éstas, puedan ceder o vender sus derechos adquiridos a aquellos que necesiten compensar.

Se considera que el desarrollo de los sistemas de calefacción distrital, contemplados en el marco de este PDA, deberían ser contemporáneos a la existencia de estos mercados y, dado su alto potencial de reducción de emisiones, el comercio con estos derechos podría ser una parte importante de la rentabilidad de los proyectos.

Aun así, dado que no existe hoy este mercado, no existe por lo tanto un precio de estas emisiones en dicho mercado, por lo que se ha optado por cuantificar dicho valor a proyectos de compensación de emisiones existentes.

Se han identificado proyectos asociados a la mejora de combustión de leña mediante recambio de calefactores, cuyas características se recogen en la tabla siguiente:

**Tabla 33. Proyectos referenciales de retiro de emisiones**

| Parámetro              | Unidad            | Falabella | Concepción |
|------------------------|-------------------|-----------|------------|
| Calefactores           |                   | 313,00    | 990        |
| Costo unitario         | MMCLP             | 2,00      | 0,35       |
| Costo total            | MMCLP             | 626,00    | 346,50     |
| Ahorro emisiones       | Tn MP/año         | 6,59      | 4,57       |
| Costo retiro emisiones | MMCLP/Tn MP anual | 94,99     | 75,82      |

El proyecto Falabella se llevó a cabo en la Región Metropolitana y representó la substitución de 313 calefactores. El proyecto de Concepción reemplazó 990 equipos de combustión.

Tal como se puede observar, el costo de retiro varía entre ambos proyectos, pero mantiene un orden de magnitud. A efectos de este estudio se ha tomado el caso más desfavorable financieramente, que es el de Concepción, con un costo de retiro de referencia de 75,82 MMCLP/Tn MP anual.



## 10.7. PROPUESTAS DE MODELO DE NEGOCIO POR PROYECTO

### 10.7.1. TALCAHUANO

Para el caso de Talcahuano, dada la presencia de un gran consumo ancla, como es el Hospital Las Higueras, siendo este además de carácter público, y tomando en cuenta que el crecimiento natural del proyecto será hacia los nuevos desarrollos inmobiliarios privados del eje Colón, se propone un modelo de inversión y gestión privada bajo tutela pública tipo BOT, de forma que una ESCO pueda hacerse cargo de la inversión y la explotación de la red hasta su cesión a la municipalidad el final del contrato de concesión.

Dada la naturaleza de las ESCOs en Chile y su distancia de la operativa de las utilities, se sugiere explorar la posibilidad de integrar una empresa con capacidad y experiencia de gestión de cliente individual, tipo distribuidora eléctrica o minorista de gas, o la creación de una empresa municipal que dé el servicio a los clientes individuales, privados, intermediando entre el operador mayorista, la ESCO, y el pequeño cliente, en lugar de la utility.

### 10.7.2. HUALPÉN

Para el caso de Hualpén, dada la naturaleza social de las viviendas, la gran presencia del MINVU, la no existencia de clientes ancla privados y la voluntad de la Municipalidad de implicarse en el proyecto con un objetivo social, se considera que lo más adecuado sería la creación de una sociedad pública tipo EMERES que controlara toda la operación buscando fondos estatales o regionales para hacer frente a inversiones, pero contemplando que parte de la operativa y sus inversiones asociadas, podrían ser cedidas a una ESCO, especialmente lo que se refiere a la conexión a Petropower y la generación térmica.

### 10.7.3. CORONEL

Para el caso de Coronel se considera que los condicionantes técnicos y sociales son muy parecidos a los de Hualpén, pero que la municipalidad no visualiza un enfoque tan social del proyecto, por lo que se podría plantear una opción de empresa pública tipo EMERES, pero enfocada directamente a ceder la operativa de tipo más técnico, desde la conexión a Oxiquim hasta la generación y quizás la operativa de la distribución, tomando la municipalidad un rol más de gestión y control del proyecto.



## 11. IDENTIFICACIÓN DE LOS BENEFICIOS DE LA ENERGÍA DISTRITAL

---

Los sistemas de energía distrital presentan beneficios para diferentes actores, tanto como parte de la demanda, de los proveedores, promotores inmobiliarios, autoridades y reguladores, etc.

Para las empresas explotadoras de un sistema distrital, el participar les significa grandes contratos de suministro de combustible u operación y mantención. En el caso de los proveedores de equipamiento, un sistema distrital significa un mercado con clientes totalmente nuevos, con requerimientos de maquinaria de grandes dimensiones, tanto en las centrales de producción, como en la red de distribución.

Debido a las necesidades de capital de operar un sistema distrital, y los modelos de negocios aplicables, este es un negocio que resulta atractivo para participar como operadores a grandes empresas proveedoras de servicios básicos que ya operen en las comunas donde se localicen los sistemas, esto les permite diversificar su cartera de productos, acceder a mercados con clientes ya conectados, y contratos a largo plazo.

En caso de que existan sistemas distritales a corta distancia, existe también la posibilidad de comerciar energía entre sistemas, lo que genera un nuevo mercado con beneficios para las empresas explotadoras.

Para los promotores inmobiliarios, el contar con zonas con accesos a sistemas distritales les implica que sus construcciones deben contar con un suministro de servicios adicional. Como beneficio, significa que sus costos de inversión disminuye, ya que no son ellos quienes deben costear la compra de los sistemas de generación de fluidos térmicos, mayor espacio útil, ya que se reducen significativamente los espacios requeridos para salas de máquinas en sus edificios, mejorar las condiciones estéticas de sus edificios, ya que no deben considerar máquinas sobre cubierta, y valor añadido asociado a la provisión de energía mediante sistemas con menores emisiones y con aportes desde fuentes residuales o renovables.

Los usuarios de sistemas distritales se benefician al no tener que dedicar espacio en sus edificios o domicilios a equipos de climatización, acceso a los servicios de climatización provistos por el sistema (agua caliente y/o agua fría), acceso a climatización a bajo costo, reducción de costos de mantención y renovación de sistemas de climatización, seguridad de suministro y reducción de ruido, vibraciones y emisiones en el interior de sus domicilios o edificios.

La administración pública también se beneficia de la existencia de sistemas distritales en la comuna. La administración se beneficia al mejorar la imagen pública de la comuna donde se emplace el sistema, aumenta la calidad y el valor del espacio urbano, se reducen las emisiones no deseadas a la



atmósfera, aumenta la eficiencia del consumo de energía, aprovechamiento de energías renovables y residuales que de no contar con un sistema distrital se desperdiciarían, posibilidad de incorporar cogeneración o trigeneración al sistema para incrementar aún más el nivel de eficiencia del sistema, posibilidad de conectar a fuentes baratas y confiables de climatización a sectores de menores recursos, posibilidad de usar refrigerantes ecológicos para la provisión de agua fría, mejora del paisaje urbano al eliminar unidades exteriores de climatización de fachadas de edificios y sobre las cubiertas, creación de puestos de trabajo especializados, menor presión sobre la red eléctrica para provisión de aire acondicionado para enfriar en verano lo que reduce la necesidad de reforzar red eléctrica a consumidores finales.

Adicionalmente, contar con sistemas distritales permite incorporar medidas de eficiencia energética que no son viables técnica o económicamente para sistemas individuales, tales como aprovechamiento de fuentes renovables (biomasa, geotermia, solar), cogeneración, trigeneración, aprovechamiento de desechos industriales (en forma de biomasa o biogás), aprovechamiento de energía residual industrial, aprovechamiento de biogás de plantas de tratamientos de agua,





## 12. EVALUACIÓN DE LOS PROYECTOS

---

### 12.1. ANÁLISIS DE VIABILIDAD Y SENSIBILIDAD FINANCIERA

#### 12.1.1. PLANTEAMIENTO

Se presentan a continuación los análisis de viabilidad financiera para cada uno de los tres proyectos. Este análisis se centra en identificar las condiciones necesarias para la viabilidad financiera de la explotación de los sistemas, independientemente de la organización legal que se desarrolle para ello, dado que se considera que el impacto de ésta en la rentabilidad del proyecto es despreciable, siempre y cuando los costos de administración se mantengan dentro de lo razonable.

El análisis toma como punto de partida la propuesta de “tarifas sociales” para los habitantes de las zonas de desarrollo, que buscan respetar su actual nivel de gasto en energía, incluyendo calefacción y ACS, mejorando su calidad de vida por la facilidad y limpieza de este sistema, más allá de la reducción de emisiones, pero no contemplando la mejora de su confort térmico. Es decir que se establece como punto de partida suministrarles la misma cantidad de energía útil que usan hoy por el mismo precio, aunque, lógicamente, si los usuarios quieren consumir y pagar más, esto siempre revierte en positivo sobre el negocio.

Se incluye también la valorización de los ahorros de emisiones, según lo desarrollado anteriormente.

El caso base se establece como aquél en que el proyecto arroja un VAN=0 a 30 años, con una tasa de descuento del 12%. A efectos del cálculo de la TIR, se ha imputado el ingreso asociado a la venta de los derechos de emisión en el segundo año, para evitar que compense la inversión y falsee el cálculo. A efectos de la distribución de ingresos, se ha calculado el valor presente de todos los ingresos.

#### 12.1.2. TALCAHUANO

Bajo las condiciones nominales, sin subsidio alguno, el proyecto de Talcahuano es viable, con una TIR del 15,3% a 30 años y un VAN de 1.520MMCLP calculado con una tasa de descuento del 12% y sin apalancamiento.

Esto se debe eminentemente a los altos ingresos previsible por la venta de los derechos de emisión, al bajo costo del combustible y a la presencia de dos clientes singulares que suponen un 20% de la facturación con un alto margen diferencial entre su tarifa de venta y el costo de generación.

[illegible]



A continuación, se presentan los principales parámetros financieros y la distribución de ingresos del sistema.

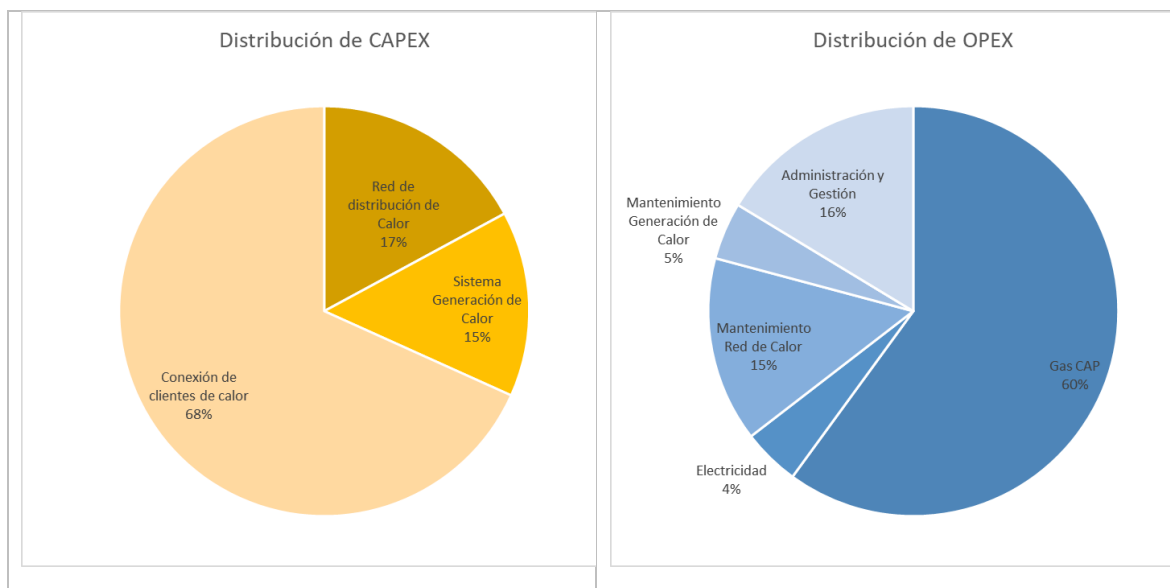


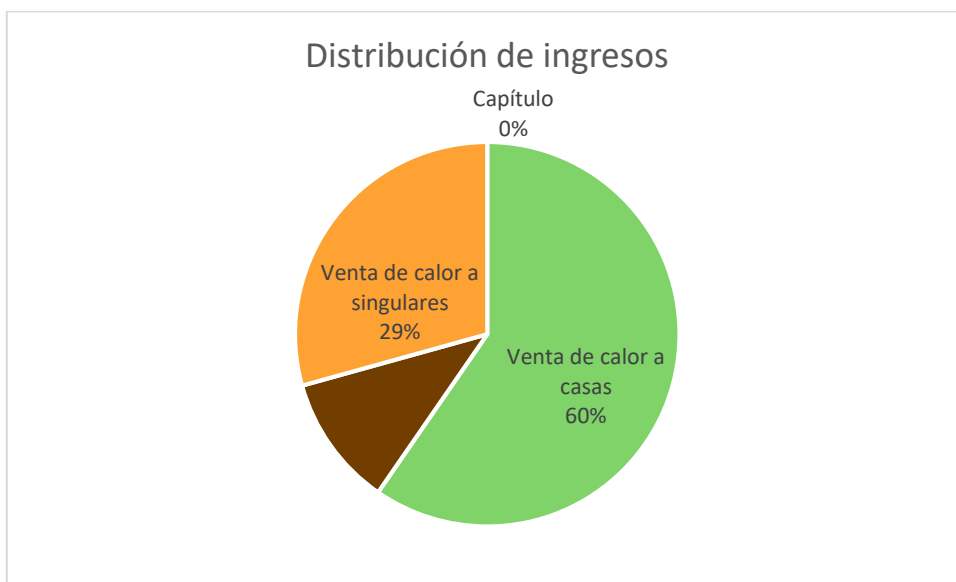
Ilustración 54. Distribución de CAPEX y OPEX

Tabla 34. Resumen parámetros financieros proyecto Talcahuano

| Variable            | Valor  |
|---------------------|--------|
| TIR a 30 años       | 15,28% |
| TIR a 20 años       | 14%    |
| TIR a 10 años       | 7%     |
| VAN [MMCLP]         | 1.520  |
| LEC Calor [CLP/MWh] | 58.253 |

Tabla 35. Distribución de ingresos para el proyecto de Talcahuano

| Capítulo                       | Valor (MMCLP) | %   |
|--------------------------------|---------------|-----|
| Venta de calor a casas         | 10.029        | 49% |
| Venta de calor a departamentos | 1.862         | 9%  |
| Venta de calor a singulares    | 4.930         | 24% |
| Venta de derechos de emisiones | 3.595         | 18% |
| <b>Total ingresos</b>          | <b>20.416</b> |     |

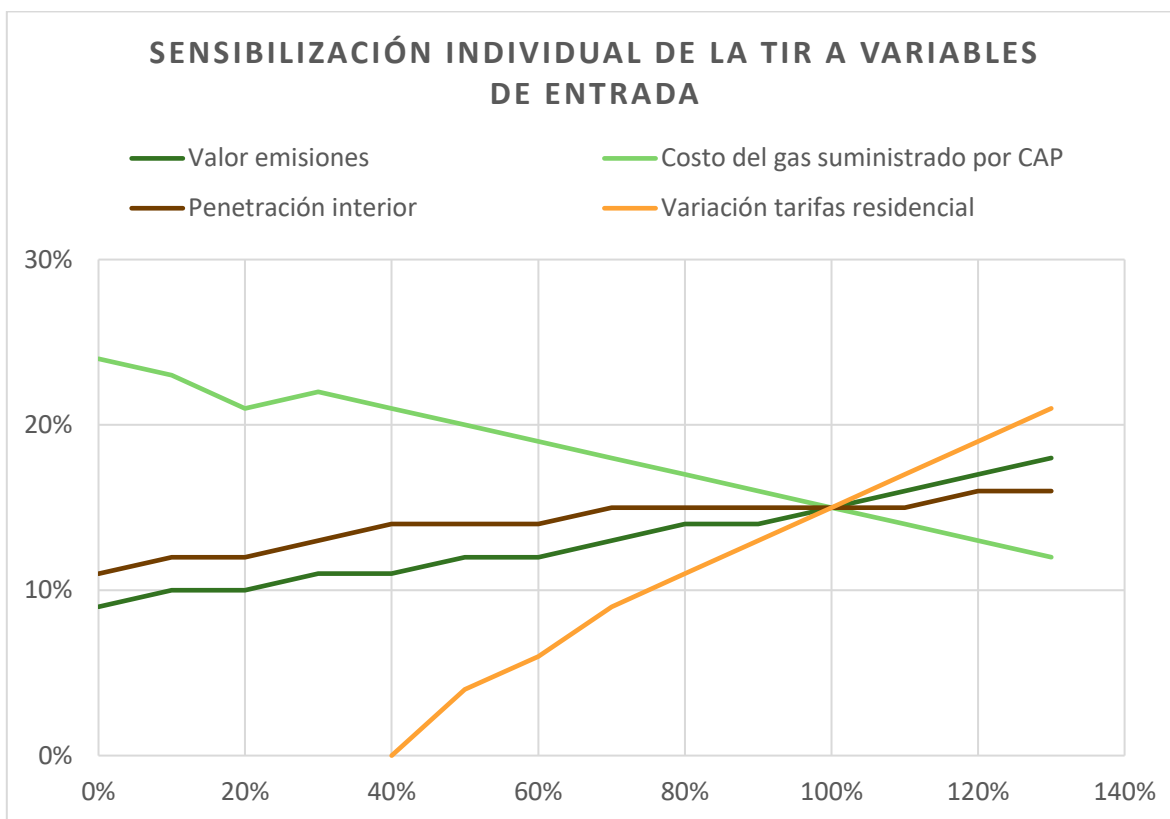


**Ilustración 55. Distribución de ingresos para el proyecto de Talcahuano**

Para entender la sensibilidad y el impacto de cada una de las variables de entrada que se considera que pueden tener impacto en los resultados, se han sensibilizado estas de forma individual y posteriormente se han generado distintos escenarios viables financieramente, mediante el ajuste de las tarifas y el precio de los derechos de emisión.

**Tabla 36. Sensibilización individual de la TIR a variables de entrada**

| Variación | Valor emisiones | Costo del gas suministrado por CAP | Penetración interior | Variación tarifas residencial |
|-----------|-----------------|------------------------------------|----------------------|-------------------------------|
| 130%      | 18%             | 12%                                | 16%                  | 21%                           |
| 120%      | 17%             | 13%                                | 16%                  | 19%                           |
| 110%      | 16%             | 14%                                | 15%                  | 17%                           |
| 100%      | 15%             | 15%                                | 15%                  | 15%                           |
| 90%       | 14%             | 16%                                | 15%                  | 13%                           |
| 80%       | 14%             | 17%                                | 15%                  | 11%                           |
| 70%       | 13%             | 18%                                | 15%                  | 9%                            |
| 60%       | 12%             | 19%                                | 14%                  | 6%                            |
| 50%       | 12%             | 20%                                | 14%                  | 4%                            |
| 40%       | 11%             | 21%                                | 14%                  | 0%                            |
| 30%       | 11%             | 22%                                | 13%                  |                               |
| 20%       | 10%             | 21%                                | 12%                  |                               |
| 10%       | 10%             | 23%                                | 12%                  |                               |
| 0%        | 9%              | 24%                                | 11%                  |                               |



**Ilustración 56. Sensibilización individual de la TIR a variables de entrada**

Tal como se puede observar, todas las variables parten de un 100% de su valor coincidiendo con una TIR 15%. Por otra parte, se puede observar que la TIR presenta sensibilidad de mayor a menor a valor de las emisiones, a la penetración interior, a la variación de las tarifas de residencial y, finalmente, al costo del gas de CAP, pero todas ellas tienen mucho recorrido antes de inviabilizar la operación.

En base a lo anterior se han generado distintos escenarios de variables de entrada, los que se han complementado con un ajuste de tarifas o cambios del precio de las emisiones para lograr mantener la viabilidad financiera, es decir el  $VAN=0$ . Estos escenarios se centran básicamente en eliminar los ingresos por emisiones y plantear la posibilidad que CAP aporte el gas de forma gratuita.

La primera tabla muestra los escenarios a través de los porcentajes de variación de las variables y la segunda su valor absoluto resultante.



**Tabla 37. Combinaciones de variación de variables por escenarios con VAN=0**

| Escenarios alternativos VAN 0                                                                                        | Valor emisiones | Costo del gas suministrado por CAP | Penetración interior | Variación tarifas residencial |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------|------------------------------------|----------------------|-------------------------------|
| Tarifas ajustadas a rentabilidad mínima, con derechos de emisiones                                                   | 100%            | 100%                               | 100%                 | 84%                           |
| Tarifas ajustadas a rentabilidad mínima, con derechos de emisiones y calor residual gratuito                         | 100%            | 0%                                 | 100%                 | 37%                           |
| Ajuste de valor de derechos de emisiones para sostener el proyecto con tarifas nominales                             | 53%             | 100%                               | 100%                 | 100%                          |
| Ajuste de valor de derechos de emisiones para sostener el proyecto con tarifas nominales con calor residual gratuito | -85%            | 0%                                 | 100%                 | 100%                          |
| Tarifas ajustadas a rentabilidad mínima, sin derechos de emisiones                                                   | 0%              | 100%                               | 100%                 | 118%                          |
| Tarifas ajustadas a rentabilidad mínima, sin derechos de emisiones pero con calor residual gratuito                  | 0%              | 0%                                 | 100%                 | 71%                           |





Tabla 38. Combinaciones de variables por escenarios con VAN=0

| Escenarios alternativos VAN 0                                                                                        | Valor emisiones (MMCLP/Tn PM10) | Costo del gas suministrado por CAP (CLP/MWh) | Penetración interior | Variación tarifas residencial (CLP/año) |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------|----------------------------------------------|----------------------|-----------------------------------------|
| Tarifas ajustadas a rentabilidad mínima, con derechos de emisiones                                                   | 76                              | 10.750                                       | 100%                 | 336.000                                 |
| Tarifas ajustadas a rentabilidad mínima, con derechos de emisiones y calor residual gratuito                         | 76                              | 0                                            | 100%                 | 148.000                                 |
| Ajuste de valor de derechos de emisiones para sostener el proyecto con tarifas nominales                             | 40                              | 10.750                                       | 100%                 | 400.000                                 |
| Ajuste de valor de derechos de emisiones para sostener el proyecto con tarifas nominales con calor residual gratuito | -64                             | 0                                            | 100%                 | 400.000                                 |
| Tarifas ajustadas a rentabilidad mínima, sin derechos de emisiones                                                   | 0                               | 10.750                                       | 100%                 | 472.000                                 |
| Tarifas ajustadas a rentabilidad mínima, sin derechos de emisiones pero con calor residual gratuito                  | 0                               | 0                                            | 100%                 | 284.000                                 |

Tal como se puede observar, con las condiciones base de las simulaciones, el proyecto sería rentable incluso regalando el calor a los usuarios y podría generar mucho más beneficio si CAP cediese el gas de forma gratuita.

En el caso que hubiera que reducir el precio de las emisiones para su venta al mercado, éste podría bajar hasta 40 MMCLP/Tn PM10, respecto a la referencia de 76 MMCLP/Tn PM10. Es decir, que de forma sustentable el costo de eliminación de emisiones de este sistema es casi la mitad que la referencia del mercado que es la substitución de artefactos por otros más eficientes.

A parte de lo anterior, se ha evaluado también que el costo máximo del calor de Oxiquim para viabilizar el escenario central es de un 322% del nominal, esto es 34.637CLP/MWh.

Finalmente se puede observar también que, si el mercado de emisiones no existiera, el proyecto podría seguir vendiendo el calor muy por debajo del precio objetivo si CAP cediera el calor, pero igual podría seguir flotando en caso contrario con un incremento de tarifas del 18%.



**Ilustración 57. Tarifas requeridas para viabilidad financiera en los distintos escenarios**

#### 12.1.2.1.SENSIBILIDAD AL USO DE BIOMASA

Dada la incertidumbre de la continuidad de CAP y, por lo tanto, de la disponibilidad de gas en la que se basa este proyecto, se ha llevado a cabo un análisis preliminar de lo que podría suponer este proyecto usando biomasa en una caldera central que sustituya a la caldera de gas procedente de CAP.

A conclusión de este análisis es que el proyecto con biomasa es también rentable en sí mismo, con una TIR del 13% a 30 años. Esto se debe a que el sobre costo en inversión asociado al uso de una caldera de biomasa, tiene un impacto muy limitado en el presupuesto de inversión total y a que, aunque los ingresos por ahorro de emisiones bajan casi a la mitad respecto a los ingresos del caso base con CAP, el bajo costo de la biomasa (se han considerado 8.400CLP/MWh) hace que la rentabilidad siga siendo atractiva.

A continuación, se presentan los principales parámetros financieros y la distribución de ingresos del sistema.

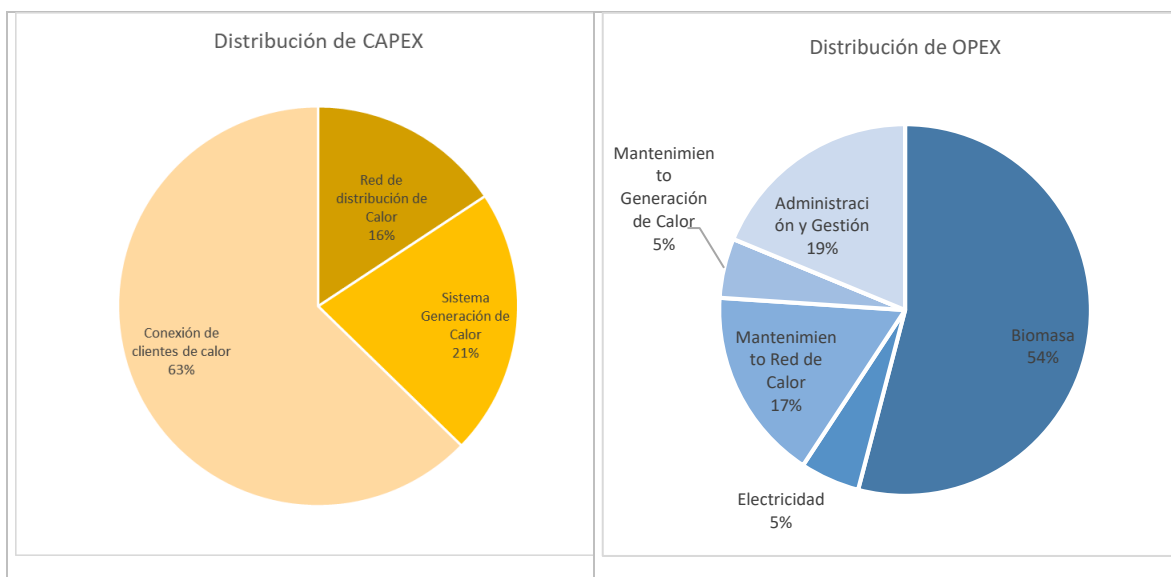


Ilustración 58. Distribución de CAPEX y OPEX para el proyecto de Talcahuano con Biomasa

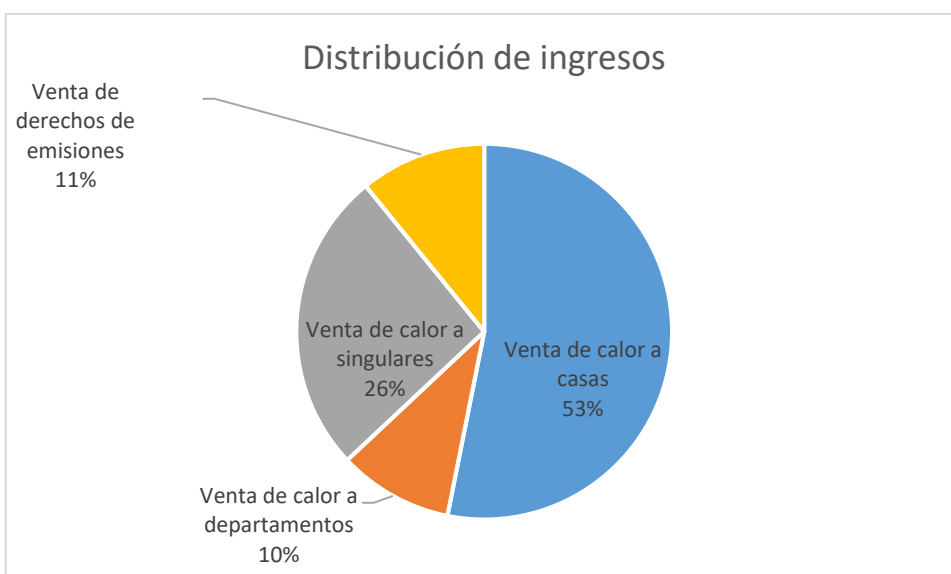


Ilustración 59. Distribución de ingresos para el proyecto de Talcahuano con Biomasa

Tabla 39. Resumen parámetros financieros proyecto Talcahuano con Biomasa

|                     |        |
|---------------------|--------|
| TIR a 30 años       | 16%    |
| TIR a 20 años       | 15%    |
| TIR a 10 años       | 8%     |
| VAN [MMCLP]         | 2.017  |
| LEC Calor [CLP/MWh] | 57.651 |



**Tabla 40. Distribución de ingresos para el proyecto de Talcahuano con Biomasa**

| Capítulo                       | Valor (MMCLP) | %   |
|--------------------------------|---------------|-----|
| Venta de calor a casas         | 10.029        | 48% |
| Venta de calor a departamentos | 1.862         | 9%  |
| Venta de calor a singulares    | 4.930         | 24% |
| Venta de derechos de emisiones | 3.958         | 19% |
| <b>Total ingresos</b>          | <b>20.780</b> |     |

**Tabla 41. Comparativa de presupuesto de casos de diseño con y sin biomasa para Talcahuano**

| Talcahuano                                                | Costo unitario (CLP) | Unidades | Costo Total (CLP)     | Costo Total Biomasa (CLP) |
|-----------------------------------------------------------|----------------------|----------|-----------------------|---------------------------|
| Instalación interior y conexión Casas                     | 2.252.112            | 2.155    | 4.853.301.129         | 4.853.301.129             |
| Instalación interior y conexión Edificios y Departamentos | 2.571.549            | 291      | 748.320.715           | 748.320.715               |
| Costo conexión Hopital Las Higueras                       | 36.500.000           | 1        | 36.500.000            | 36.500.000                |
| Costo conexión Colegio Las Higueras                       | 3.650.000            | 1        | 3.650.000             | 3.650.000                 |
| <b>Sub Total Conexiones e interiores</b>                  |                      |          | <b>5.641.771.844</b>  | <b>5.641.771.844</b>      |
| Obra Civil                                                |                      |          | 327.957.941           | 327.957.941               |
| Instalación tubería y accesorios                          |                      |          | 1.085.938.447         | 1.085.938.447             |
| <b>Sub Total Piping</b>                                   |                      |          | <b>1.413.896.388</b>  | <b>1.413.896.388</b>      |
| Gaseoducto de CAP a Central                               |                      |          | 331.643.915           |                           |
| Sistema de generación térmica (kW)                        |                      | 16.000   | 181.642.798           | 1.030.932.597             |
| Sistema de acumulación de calor (m3)                      |                      | 9.000    | 366.300.000           | 36.630.000                |
| Sistema de recirculación                                  |                      |          | 108.593.845           | 108.593.845               |
| Edificio Sala de Máquinas                                 |                      |          | 587.533.206           | 763.793.168               |
| <b>Subtotal Generación</b>                                |                      |          | <b>1.575.713.764</b>  | <b>1.939.949.610</b>      |
| Imprevistos                                               |                      |          | 20%                   | 20%                       |
| <b>Inversión Total</b>                                    |                      |          | <b>10.357.658.395</b> | <b>10.794.741.411</b>     |



Tabla 42. Comparativa de casos de diseño con y sin biomasa

|                                              |             | Caso Base | Caso Calefacción Distrital | Caso Calefacción Distrital con Biomasa |
|----------------------------------------------|-------------|-----------|----------------------------|----------------------------------------|
| Demanda Calefacción Edificios                | MWh         | 3.170,83  | 3.170,83                   | 3.170,83                               |
| Demanda Calefacción Casas                    | MWh         | 15.724,88 | 15.724,88                  | 15.724,88                              |
| Demanda Calefacción Residencial              | MWh         | 18.895,71 | 18.895,71                  | 18.895,71                              |
| Demanda ACS Residencial                      | MWh         | 3.976,53  | 3.976,53                   | 3.976,53                               |
| Demanda Singulares                           | MWh         | 8.859,07  | 8.859,07                   | 8.859,07                               |
| Demanda Total                                | MWh         | 35.608,71 | 35.608,71                  | 35.608,71                              |
| Pérdidas Térmicas de la Red                  |             | NA        | 3.877.401                  | 3.877.401,30                           |
| Emisiones PM10                               | kg/año      | 98.598,84 | 0                          | 22.816                                 |
| Emisiones PM2,5                              | kg/año      | 91.783,62 | 0                          | 21.241                                 |
| Emisiones SOx                                | kg/año      | 1.797,55  | 0                          | 435                                    |
| Emisiones NOx                                | kg/año      | 12.190,29 | 0                          | 8.148                                  |
| Factura Leña Residencial                     | MMCLP/año   | 471,26    | 0                          | 0,00                                   |
| Factura Parafina Residencial                 | MMCLP/año   | 211,61    | 0                          | 0,00                                   |
| Factura Energía Térmica Residencial          | MMCLP/año   | 1.108,01  | 1.022                      | 1.022,05                               |
| Subsidio                                     | MMCLP       |           | 0                          | 0                                      |
| Subsidio por vivienda                        | UF/Vivienda |           | 0                          | 0                                      |
| Ingresos nominales por derechos de emisiones | MMCLP       | 0         | 4.026,32                   | 2.296,43                               |



### 12.1.3. HUALPÉN

Bajo las condiciones nominales, sin subsidio alguno, el proyecto de Hualpén presenta una TIR positiva del 4%, rentable pero lejos de la rentabilidad nominal deseada para un proyecto de estas características y con los riesgos asociados, que se ha fijado en un 12%. Dicha rentabilidad positiva se debe eminentemente a los ingresos previsible por la venta de los derechos de emisión, y al bajo costo del calor residual. Para lograr la rentabilidad nominal de proyecto sin apalancamiento del 12% para los inversores, se requiere un subsidio de 4.410MMCLP, un 39% de la inversión. Esto supone 1,8MMCLP por casa, un 28% más de lo que actualmente se invierte en recambio de calefactores, pero con un impacto mucho más elevado en cuanto a ahorro de emisiones.

A continuación, se presentan los principales parámetros financieros y la distribución de ingresos del sistema.

**Tabla 43. Resumen parámetros financieros proyecto Hualpén sin subsidio**

| Variable            | Valor  |
|---------------------|--------|
| TIR a 30 años       | 4%     |
| TIR a 20 años       | 1%     |
| TIR a 10 años       | -11%   |
| VAN [MMCLP]         | -3.953 |
| LEC Calor [CLP/MWh] | 80.746 |

**Tabla 44. Resumen parámetros financieros proyecto Hualpén con subsidio**

| Variable            | Valor  |
|---------------------|--------|
| Subsidio            | 39%    |
| TIR a 30 años       | 12%    |
| TIR a 20 años       | 10%    |
| TIR a 10 años       | 2%     |
| VAN [MMCLP]         | -15    |
| LEC Calor [CLP/MWh] | 80.746 |

**Tabla 45. Distribución de ingresos para el proyecto de Hualpén**

| Capítulo                       | Valor (MMCLP) | %   |
|--------------------------------|---------------|-----|
| Venta de calor a casas         | 11.216        | 65% |
| Venta de calor a departamentos | 3.052         | 18% |
| Venta de calor a singulares    | 0             | 0%  |
| Venta de derechos de emisiones | 3.010         | 17% |
| <b>Total ingresos</b>          | <b>17.278</b> |     |



[illegible]

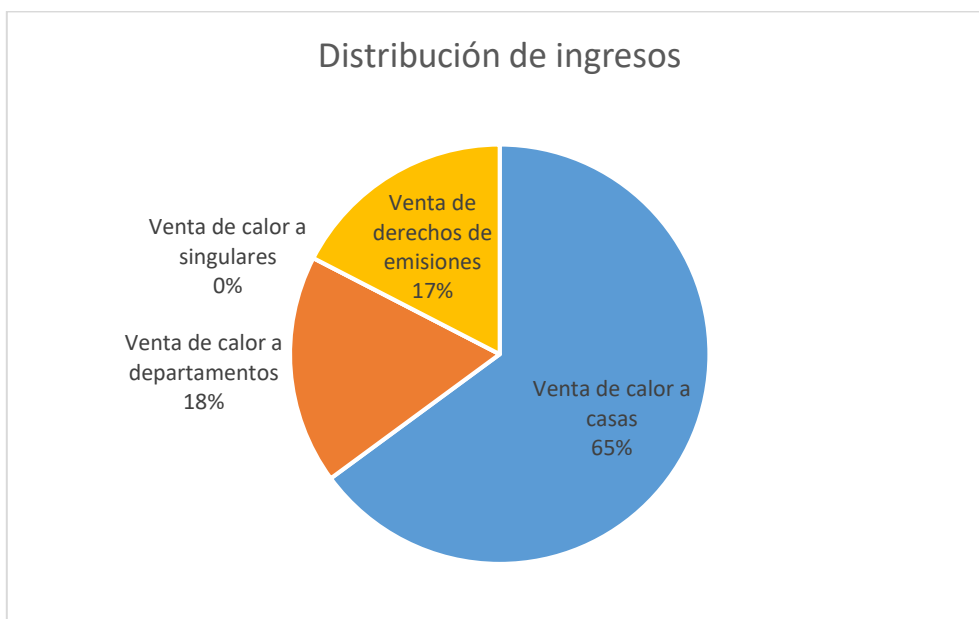


Ilustración 60. Distribución de ingresos para el proyecto de Hualpén

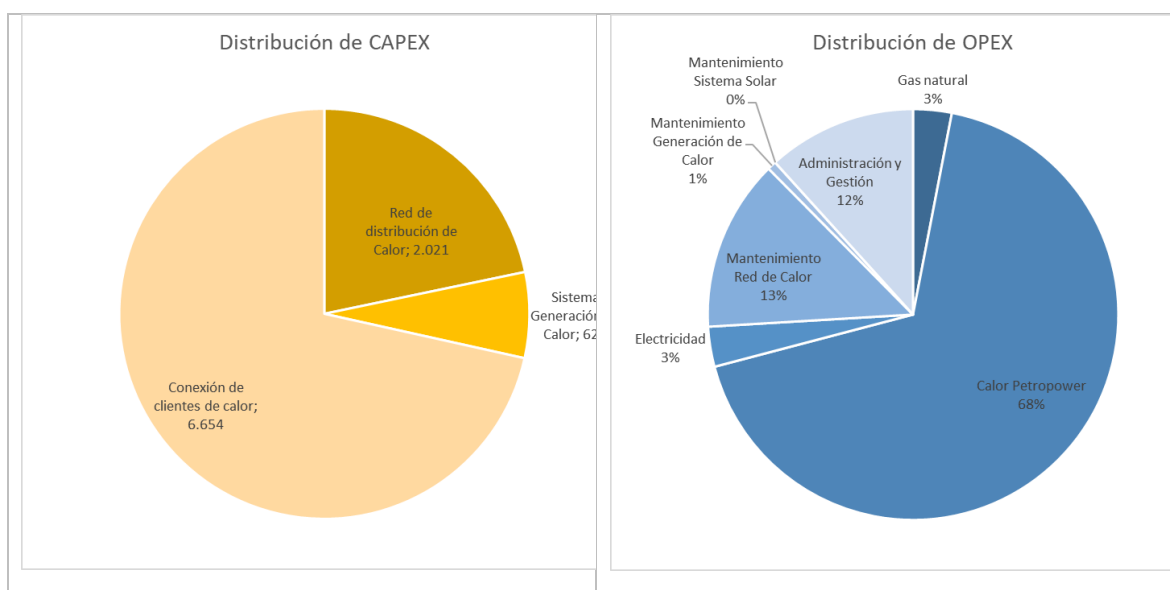


Ilustración 61. Distribución de CAPEX y OPEX

Para entender la sensibilidad y el impacto de cada una de las variables de entrada que se considera que pueden tener impacto en los resultados, se han sensibilizado estas de forma individual y posteriormente se han generado distintos escenarios viables financieramente, mediante el ajuste de las tarifas.



Tabla 46. Sensibilización individual de la TIR a variables de entrada

| Variación   | Subsidio   | Valor emisiones | Costo calor Petropower | Costo del gas natural | Penetración interior | Variación tarifas residencial |
|-------------|------------|-----------------|------------------------|-----------------------|----------------------|-------------------------------|
| 130%        |            | 15%             | 4%                     | 12%                   | 16%                  | 23%                           |
| 120%        |            | 14%             | 7%                     | 12%                   | 15%                  | 19%                           |
| 110%        |            | 13%             | 10%                    | 12%                   | 14%                  | 16%                           |
| <b>100%</b> | <b>12%</b> | <b>12%</b>      | <b>12%</b>             | <b>12%</b>            | <b>12%</b>           | <b>12%</b>                    |
| 90%         | 11%        | 11%             | 14%                    | 12%                   | 10%                  | 8%                            |
| 80%         | 10%        | 10%             | 16%                    | 12%                   | 6%                   |                               |
| 70%         | 9%         | 10%             | 18%                    | 12%                   |                      |                               |
| 60%         | 8%         | 9%              | 20%                    | 12%                   |                      |                               |
| 50%         | 7%         | 9%              | 22%                    | 12%                   |                      |                               |
| 40%         | 6%         | 8%              | 23%                    | 13%                   |                      |                               |
| 30%         | 6%         | 7%              | 25%                    | 13%                   |                      |                               |
| 20%         | 5%         | 7%              | 27%                    | 13%                   |                      |                               |
| 10%         | 5%         | 7%              | 29%                    | 13%                   |                      |                               |
| 0%          | 4%         | 6%              | 31%                    | 13%                   |                      |                               |

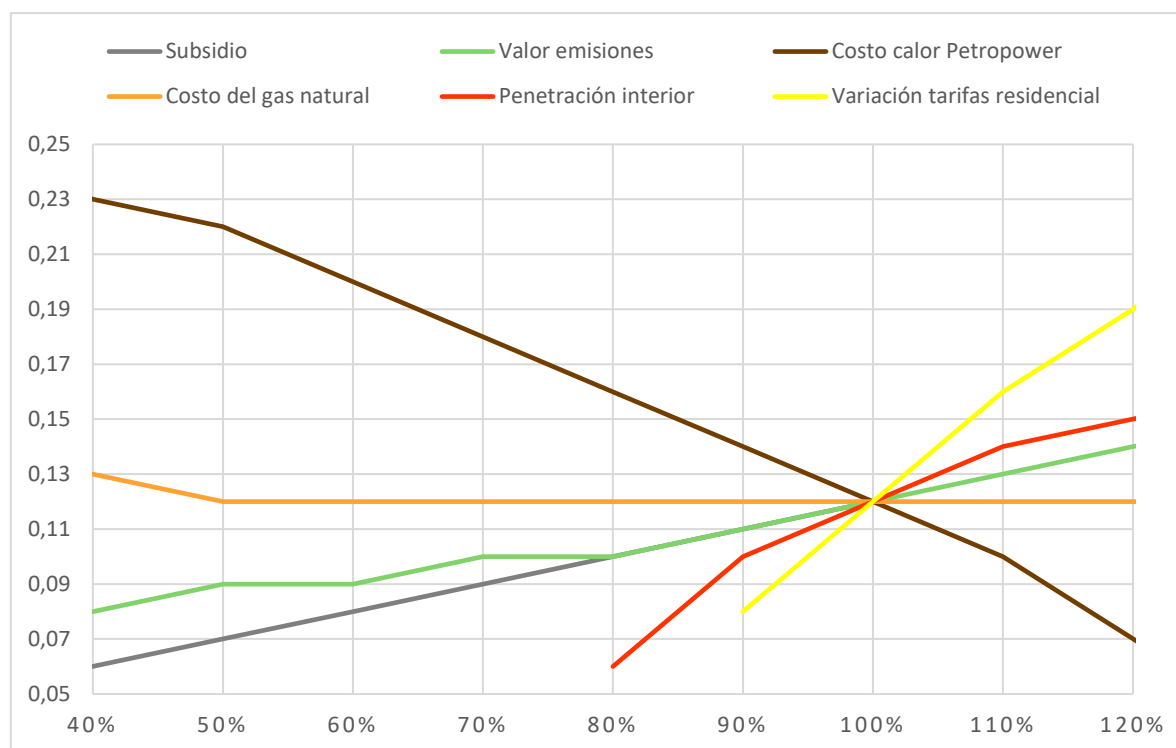


Ilustración 62. Sensibilización individual de la TIR a variables de entrada

Tal como se puede observar, todas las variables parten de un 100% de su valor coincidiendo con una TIR 12%, Por otra parte se puede observar que la TIR presenta sensibilidad de mayor a menor a la



variación de las tarifas de residencial, a la penetración interior, al valor de las emisiones, , y finalmente, al costo del calor de Petropower. Pero no presenta prácticamente sensibilidad al precio del gas, dada su baja participación en el mix. Las variables más sensibles ponen en riesgo el proyecto con desviaciones del orden del 20%.

En base a lo anterior se han generado distintos escenarios de variables de entrada, los que se han complementado con un ajuste de tarifas o cambios del precio de las emisiones para lograr mantener la viabilidad financiera, es decir le VAN=0. Estos escenarios se centran básicamente en eliminar los ingresos por emisiones y plantear la posibilidad que Petropower aporte el calor de forma gratuita.

La primera tabla muestra los escenarios a través de los porcentajes de variación de las variables y la segunda su valor absoluto resultante.

**Tabla 47. Combinaciones de variación de variables por escenarios con VAN=0**

| Escenarios alternativos VAN 0                                                                              | Subsidio | Valor emisiones | Costo del calor de Petropower | Costo del gas natural | Penetración interior | Variación tarifas residencial |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------|-----------------|-------------------------------|-----------------------|----------------------|-------------------------------|
| Tarifas ajustadas a rentabilidad mínima, con derechos de emisiones y calor residual gratuito, sin subsidio | 0%       | 100%            | 0%                            | 100%                  | 100%                 | 84%                           |
| Tarifas ajustadas a rentabilidad mínima, con derechos de emisiones y calor residual gratuito               | 100%     | 100%            | 0%                            | 100%                  | 100%                 | 48%                           |
| Ajuste de valor de derechos de emisiones para sostener el proyecto con tarifas nominales, sin subsidio     | 0%       | 264%            | 100%                          | 100%                  | 100%                 | 100%                          |
| Tarifas ajustadas a rentabilidad mínima, sin derechos de emisiones, con subsidio                           | 100%     | 0%              | 100%                          | 100%                  | 100%                 | 120%                          |
| Tarifas ajustadas a rentabilidad mínima, sin derechos de emisiones, sin subsidio                           | 0%       | 0%              | 100%                          | 100%                  | 100%                 | 155%                          |
| Tarifas ajustadas a rentabilidad mínima, con derechos de emisiones pero sin subsidio                       | 0%       | 100%            | 100%                          | 100%                  | 100%                 | 135%                          |

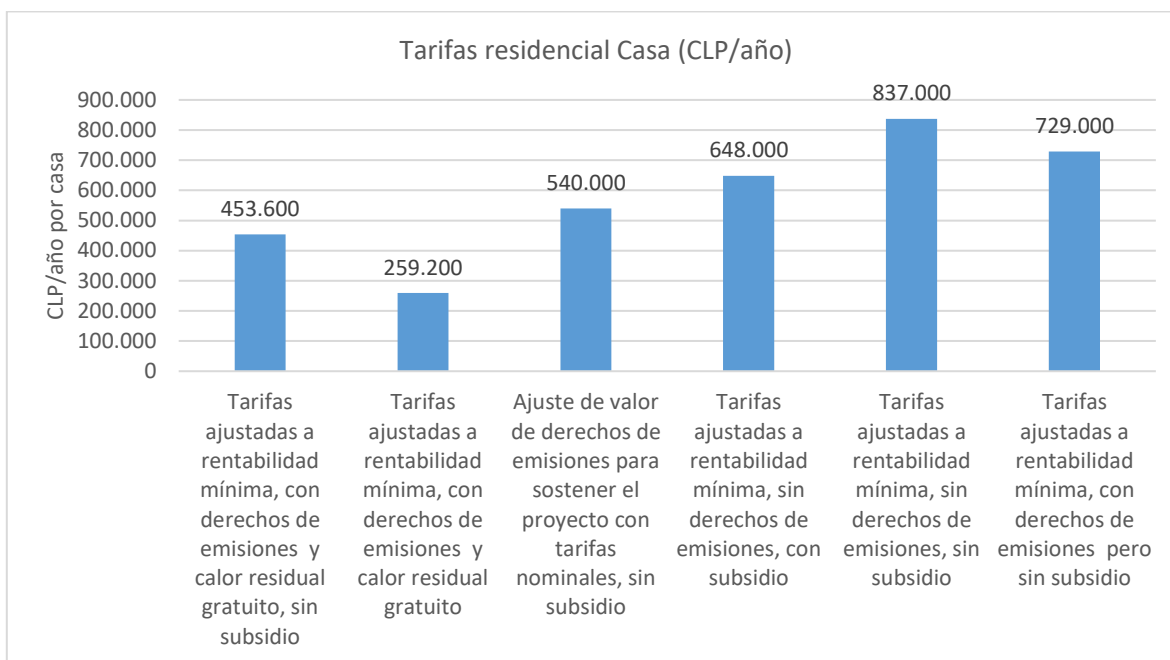
**Tabla 48. Combinaciones de variables por escenarios con VAN=0**



| Escenarios alternativos VAN 0                                                                              | Subsidio (MMCLP) | Valor emisiones (MMCLP/Tn PM10) | Costo del calor de Petropower | Costo del gas natural (CLP/MWh) | Penetración interior | Variación tarifas residencial (CLP/año) |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------|---------------------------------|-------------------------------|---------------------------------|----------------------|-----------------------------------------|
| Tarifas ajustadas a rentabilidad mínima, con derechos de emisiones y calor residual gratuito, sin subsidio | 0                | 76                              | 0                             | 43.000                          | 100%                 | 520.800                                 |
| Tarifas ajustadas a rentabilidad mínima, con derechos de emisiones y calor residual gratuito               | 4.410            | 76                              | 0                             | 43.000                          | 100%                 | 297.600                                 |
| Ajuste de valor de derechos de emisiones para sostener el proyecto con tarifas nominales, sin subsidio     | 0                | 200                             | 19.712                        | 43.000                          | 100%                 | 620.000                                 |
| Tarifas ajustadas a rentabilidad mínima, sin derechos de emisiones, con subsidio                           | 4.410            | 0                               | 19.712                        | 43.000                          | 100%                 | 744.000                                 |
| Tarifas ajustadas a rentabilidad mínima, sin derechos de emisiones, sin subsidio                           | 0                | 0                               | 19.712                        | 43.000                          | 100%                 | 961.000                                 |
| Tarifas ajustadas a rentabilidad mínima, con derechos de emisiones pero sin subsidio                       | 0                | 76                              | 19.712                        | 43.000                          | 100%                 | 729.000                                 |

Tal como se puede observar, en el caso de Hualpén, con las condiciones base de las simulaciones, la viabilidad del proyecto pasa por el subsidio antes cuantificado, pero en caso de no existir este se observa que con un incremento de tarifas del 35% se podría lograr también la rentabilidad nominal exigida. Compensar esto con incremento de ingresos de las emisiones, requeriría más que duplicar el valor, cosa poco probable.

Finalmente se puede observar también que, si el mercado de emisiones no existiera, el incremento de tarifas sería de un 20% si hubiera subsidio o de un 55% si no lo hubiera.



**Ilustración 63. Tarifas requeridas para viabilidad financiera en los distintos escenarios**

#### 12.1.4. SENSIBILIDAD AL USO DE LA BIOMASA

Para el caso de Hualpén, se plantea el uso de la biomasa como substituta del gas natural auxiliar que complementa el aporte del calor de Petropower. Bajo ese escenario se ha procedido mediante un análisis simplificado para evaluar el período de retorno de la sobreinversión que supondría incorporar una caldera de biomasa, amortizada a través de los ahorros asociados al menor costo de la biomasa respecto al del gas natural.

Tal como se puede observar en la tabla siguiente, la inversión se amortiza en si misma antes del final del período de vida del sistema, lo que indica que sería absorbible por el proyecto.

**Tabla 49. Resumen de indicadores de cálculo de impacto de Biomasa en proyecto Hualpén**

| Concepto                        | Unidad | Valor       |
|---------------------------------|--------|-------------|
| Sobrecostos Inversión Biomasa   | CLP    | 271.300.619 |
| Reducción ingreso por emisiones | CLP    | 25.041.545  |
| Costo Gas Natural               | CLP    | 25.393.495  |
| Costo Biomasa                   | CLP    | 4.975.699   |
| Ahorro Biomasa vs Gas Natural   | CLP    | 20.417.795  |
| Plazo de amortización lineal    | Años   | 15          |





### 12.1.5. CORONEL

El proyecto propuesto para Coronel no es rentable bajo ninguna condición y carece de sentido subsidiarlo dado que los costos de explotación son inferiores a los ingresos de operación, es decir que no se trata de subsidiar la inversión para atenuar el impacto de la misma en la tarifa, sino que se debería subsidiar su operación de forma continuada.

A continuación, se presentan los principales parámetros financieros y la distribución de ingresos del sistema.

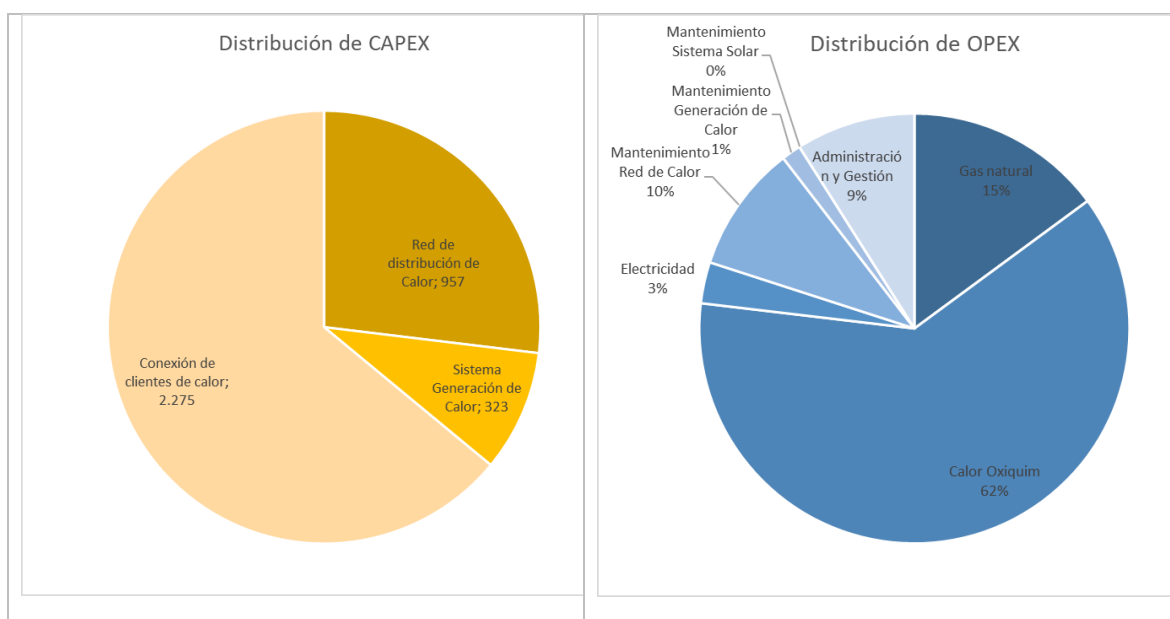


Ilustración 64. Distribución de CAPEX y OPEX

Tabla 50. Resumen parámetros financieros proyecto Coronel sin subsidio

| Variable            | Valor  |
|---------------------|--------|
| TIR a 30 años       | NA     |
| TIR a 20 años       | NA     |
| TIR a 10 años       | NA     |
| VAN [MMCLP]         | -2.540 |
| LEC Calor [CLP/MWh] | 77.776 |

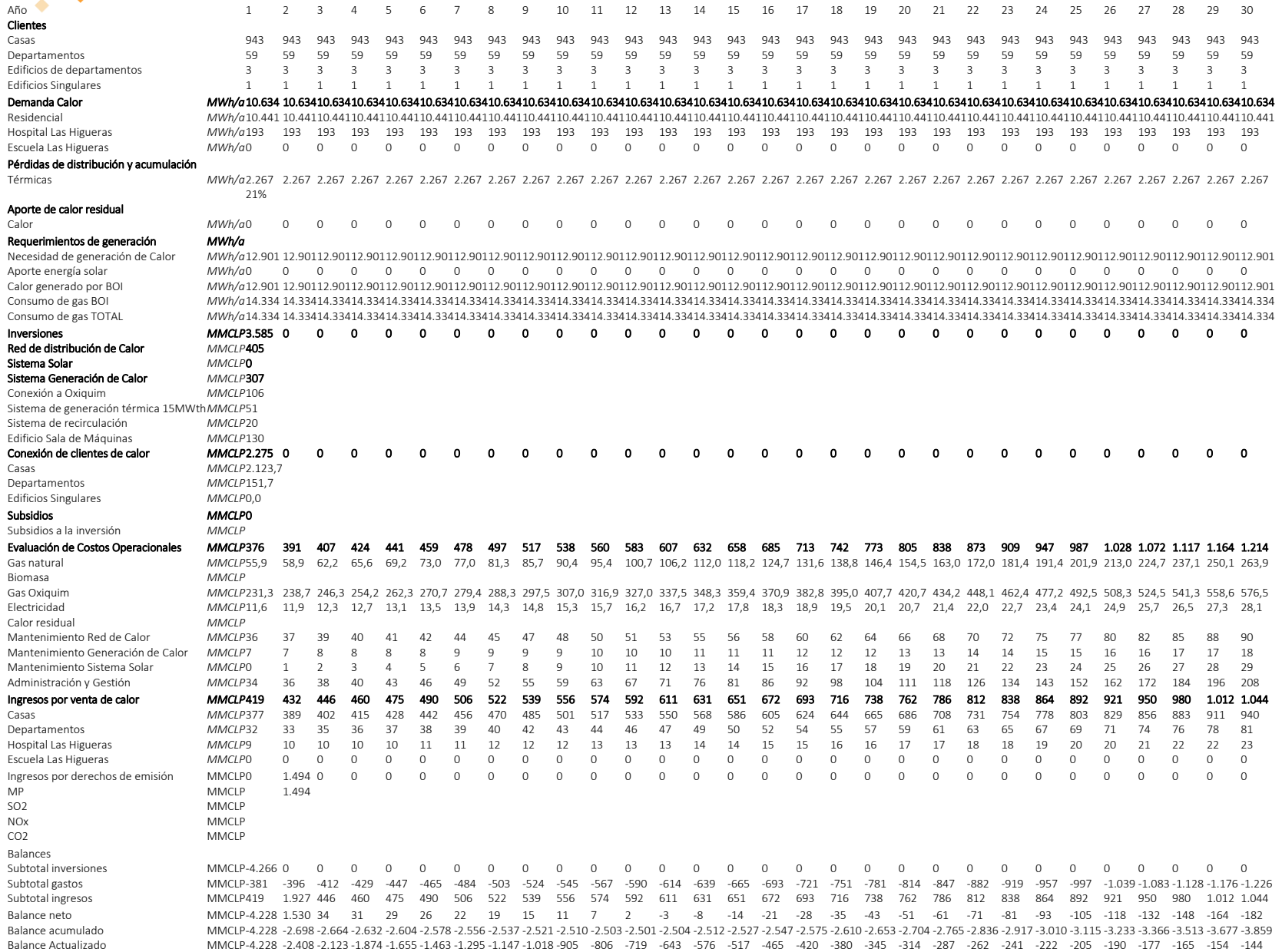




Tabla 51. Distribución de ingresos para el proyecto de Coronel

| Capítulo                       | Valor (MMCLP) | %   |
|--------------------------------|---------------|-----|
| Venta de calor a casas         | 4.388         | 69% |
| Venta de calor a departamentos | 378           | 6%  |
| Venta de calor a singulares    | 107           | 2%  |
| Venta de derechos de emisiones | 1.494         | 23% |
| <b>Total ingresos</b>          | <b>9.338</b>  |     |

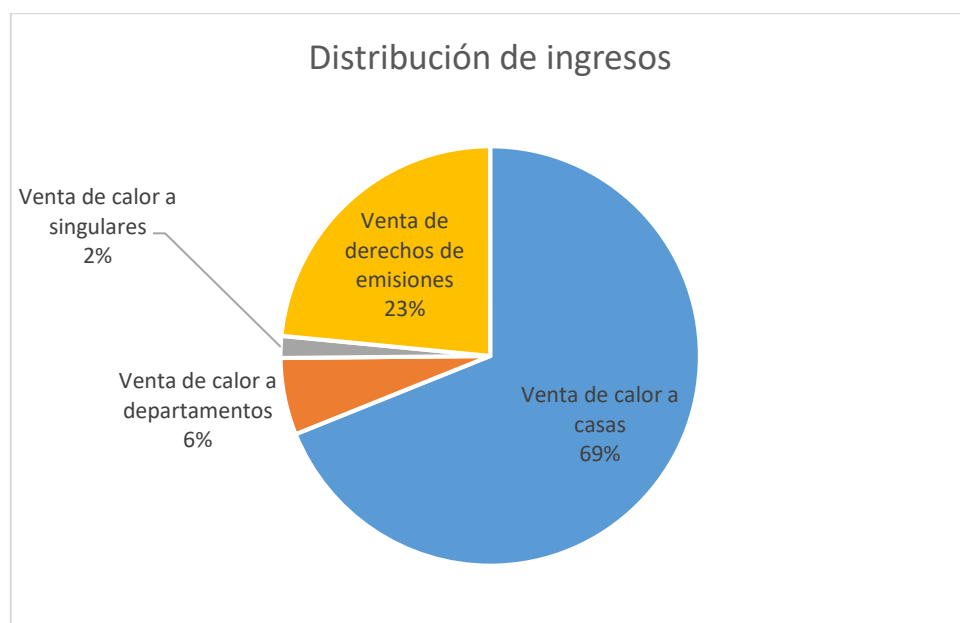


Ilustración 65. Distribución de ingresos para el proyecto de Coronel

Dado que la TIR del proyecto es negativa, en cualquier caso, no cabe la sensibilización de dicha variable a las variables de entrada.



## 13. VENTAJAS Y DESVENTAJAS DE LOS PROYECTOS

A modo de análisis final, se presenta la siguiente tabla de ventajas y desventajas de cada uno de los proyectos

Tabla 52. Principales ventajas y desventajas de los proyectos

|                    | Talcahuano                                                                                                                                                                                                                       | Hualpén                                                                                                                                                                                                                                                                                     | Coronel                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
|--------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Ventajas</b>    | Buena rentabilidad<br>Ato impacto en reducción de emisiones<br>Buena predisposición de la Municipalidad<br>Hospital Las Higueras como Cliente Ancla<br>Gas de CAP a precio competitivo<br>Previsión de densificación             | Ato impacto en reducción de emisiones<br>Buena predisposición de la Municipalidad, incluyendo su implicación en la explotación<br>Existencia de zonas con alta densidad de demanda cercanas para expansión<br>No se requiere la recalificación del predio dónde instalar la central térmica | Ato impacto en reducción de emisiones<br>Buena predisposición de la Municipalidad<br>Previsión de crecimiento inmobiliario aledaño al proyecto                                                                                                                                              |
| <b>Desventajas</b> | Riesgo de pérdida de disponibilidad de gas por cambios en producción o cierre de CAP<br>Riesgos técnicos en la captación, transporte y uso del gas<br>Se requiere la recalificación del predio dónde instalar la central térmica | Baja Rentabilidad<br>Riesgo de pérdida de suministro de calor de Petropower<br>Inexistencia de clientes ancla                                                                                                                                                                               | No viable financieramente<br>Riesgo de pérdida de calor residual por cierre de Oxiquim<br>Poca significancia de clientes ancla<br>Rechazo a la instalación de centrales térmicas y al uso de calor industrial<br>Se requiere la recalificación del predio dónde instalar la central térmica |



## 14. RECOMENDACIONES DE ACTUACIÓN

---

### 14.1. ACCIONES DE PLANIFICACIÓN TERRITORIAL

A efectos de planificación territorial, la viabilidad de los proyectos pasa por lograr el encaje urbanístico de las centrales de generación y distribución de energía térmica. Tal como se ha visto anteriormente sólo en el caso de Hualpén el predio propuesto permitiría la instalación de la central térmica, siempre y cuando ésta pueda ser considerada “actividad industrial inofensiva”, mientras que en Coronel y Talcahuano, se requiere la recalificación de los predios propuestos.

Por otra parte, más allá de los proyectos propuestos, se debe trabajar para generar buenas condiciones de desarrollo de proyectos de calefacción distrital, por lo que sería de interés aprovechar la instancia para revisar el encaje del uso “central térmica” dentro de los Planes Reguladores e introducir este uso de forma explícita en las distintas categorías de suelo, permitiendo la instalación de centrales de gran potencia en zonas industriales, pero también centrales de pequeña potencia y centrales de bombeo en zonas comerciales.

Por todo lo anterior, se hacen las siguientes recomendaciones:

1. Revisar y adecuar el plan regulador a la instalación de centrales térmicas y centrales de bombeo de bajo nivel de emisiones en zonas industriales y comerciales, estableciendo límites de potencia y de emisiones según el uso del suelo. **Municipalidades.**
2. De forma específica, revisar y modificar adecuadamente la regulación del suelo en las zonas seleccionadas en el presente trabajo para la instalación de las centrales térmicas en cada una de las Comunas. **Municipalidades.**

### 14.2. ACCIONES DE PLANIFICACIÓN ENERGÉTICA Y AMBIENTAL

Los análisis llevados a cabo demuestran que la implantación de sistemas de calefacción distrital basados en energía residual y/o gas natural, tienen un impacto de neutralización de emisiones de material particulado casi total y presentan unos costos de abatimiento mucho más competitivos que los asociados al recambio de calefactores. Aunque no se ha analizado explícitamente, estos costos



también son más competitivos y efectivos que el mejoramiento térmico de viviendas mediante la intervención en su envolvente.

Lo anterior lleva a preguntarse por qué es posible destinar fondos públicos al recambio de calefactores y a la aislación de viviendas y no a los sistemas de calefacción distrital. Entendemos que, de forma concreta y presente, los fondos para estas actuaciones están estructurados y recogidos ya en políticas públicas y, en algunos casos, dotados ya en los presupuestos públicos. Pero entendemos que de fondo existe una diferencia de percepción entre subsidiar una intervención en una vivienda privada, para un ciudadano, que subsidiar una operación económica explotada por una empresa privada con ánimo de lucro.

Dado que la infraestructura a desarrollar es de interés público y de titularidad pública, al final de la concesión, consideramos que debe cambiarse la percepción sobre el fin de una iniciativa de calefacción distrital y visualizar los posibles subsidios a la misma como subsidios a los usuarios que se van a conectar a ella, reduciendo sus emisiones de la forma más económica posible para el estado.

Por todo lo anterior, se hacen las siguientes recomendaciones:

3. Desarrollar una línea específica de ayudas a la conexión a sistemas de calefacción distrital bajo el marco del PPPF, que permita tanto a casas como a edificios de viviendas, recibir un subsidio que cubra la instalación de radiadores, sistema de control, generación de ACS y conexión a la red de calefacción distrital. **Ministerio de la Vivienda.**
4. Modificar el PDA para que los fondos destinados al recambio de calefactores, permitan usarse para conectarse a la red, cubriendo los costos de instalación de radiadores, sistema de control, generación de ACS y conexión a la red de calefacción distrital. **Ministerio de Medio Ambiente.**
5. Actuar de forma proactiva en la dinamización y regulación del mercado de derechos de emisión en la cuenca atmosférica bajo el paraguas del PDA. **Ministerio y SEREMI de Medio Ambiente.**

### 14.3. ACCIONES DE POLÍTICAS PÚBLICAS

Se requiere por parte del estado una actuación decidida para generar un marco favorable al desarrollo de la calefacción distrital en Chile. A pesar de que queda fuera del alcance de este trabajo, se plantean las líneas que se consideran de alcance estatal y que no quedan recogidas en ninguno de los otros apartados:





6. Establecer un mecanismo de garantías del estado que pueda ser usado por las municipalidades para apalancar las garantías financieras que pueda necesitar un inversor privado para acometer inversiones en proyectos de calefacción distrital de promoción municipal con un objetivo social y ambiental. **Ministerio de Energía.**
7. Establecer una exención generalizada de los impuestos municipales sobre obras y otras actividades que afecten a la construcción y explotación de las redes de calor, de forma que estos proyectos mejoren su viabilidad.
8. Establecer subsidios sociales a la calefacción y el ACS de los sistemas distritales, tal y como se hace actualmente con el agua corriente, evitando así impagos por parte de las capas más desfavorecidas, usualmente más contaminantes. **Ministerio de Desarrollo Social.**

#### 14.4. ACCIONES LEGISLATIVAS

Los principales impedimentos no técnicos identificados para que las municipalidades puedan impulsar el desarrollo de los proyectos de calefacción distrital son por una parte la inexistencia de una normativa que regule diseño, construcción y explotación de sistemas de calefacción distrital y por otra la imposibilidad para que las municipalidades puedan co-participar sociedades mercantiles con socios privados, lo que dificulta la aplicación de esquemas tipo PPP que permitan capitalizar las sociedades con capital privado manteniendo el control público y, por lo tanto, el objeto social de la iniciativa.

Por todo lo anterior, se hacen las siguientes recomendaciones:

9. Hacer una revisión a fondo de las normativas técnicas que afectan al desarrollo y explotación, técnica y legalmente, de los proyectos de calefacción distrital, identificar los aspectos no regulados y desarrollar las normativas adecuadas para cubrir la totalidad de los aspectos necesarios. **Ministerio de Energía.**
10. Llevar a cabo una modificación legislativa que permita la creación de sociedades mixtas publico privadas y publico privadas ciudadanas, sin ánimo de lucro para la construcción y explotación de obras públicas ya sea como concesiones o como gestión directa de infraestructuras de titularidad pública. **Ministerio de Economía, Fomento y Turismo.**



## 14.5. ACCIONES DE COMUNITARIAS

El desarrollo de un proyecto de calefacción distrital, la generación de la concesión, licitación, estructuras de gestión, etc. es una tarea ardua y extensa, compleja de acometer desde una municipalidad mediana de forma individual. Además, la capacidad de negociación con el sector privado y la viabilidad de atraer capital van de la mano con el tamaño de las operaciones y por lo tanto, en este caso, cuanto mayor, mejor.

Por ello se hace las siguientes recomendaciones:

11. Crear un ente formal de coordinación y promoción en el marco del Gran Concepción o de la Región del Bío Bío, que integre municipalidades y organismos públicos de rango superior, así como la participación de otros actores, dotado de presupuesto y personal propio, dedicado al desarrollo de proyectos de calefacción distrital. GORE, SEREMI Energía, SEREMI Medio Ambiente, SERVIU
12. Siempre que sea posible, licitar proyectos de forma integrada, aunque se encuentren en comunas distintas, de forma que se puedan generar economías de escala entre ellos. Municipalidades
13. Establecer negociaciones entre el MINVU y empresas inmobiliarias para desarrollar un piloto de calefacción distrital en una nueva promoción inmobiliaria con subsidio DS19. MINVU, SERVIU Bío Bío.

## 14.6. OTRAS ACCIONES

Se plantean a continuación otras acciones que se considera de interés desarrollar:

14. Analizar y desarrollar la idea de los sistemas prepago de servicio de calor mediante el uso de aplicación celular. Comité Nacional de Energía Distrital
15. Plantear a las utilities afectadas por la expansión de los sistemas distritales un esquema de colaboración que permita utilizar su infraestructura de atención al cliente para un servicio óptimo incluso en proyectos municipales. Comité Nacional de Energía Distrital



## 15. RECOMENDACIONES DE CONTINUIDAD DE LOS TRABAJOS

---

A lo largo de los trabajos realizados para el desarrollo del presente proyecto se identificaron una serie de aspectos que no han podido ser tratados en el marco del mismo, por encontrarse fuera del alcance del proyecto, pero que serían de utilidad para continuar el camino hasta la concreción de un proyecto real. Se listan a continuación:

- a) Analizar el caso de Hualpén usando recuperación con bomba de calor del lazo de recirculación de ENAP en lugar del calor de Petropower
- b) Concretar con ENAP el precio de compra del calor y su perfil de disponibilidad a corto y largo plazo
- c) Analizar con detalle los pros y contras del uso del gas de CAP:
  - a. Requerimientos de seguridad para su manejo
  - b. Costos asociados a la infraestructura de conexión y transporte
  - c. Perfil de disponibilidad anual
  - d. Recio de compra
  - e. Disponibilidad a largo plazo
- d) Revisar experiencia y antecedentes de Municipalidades que dispongan de exenciones de impuestos por el uso de la vía pública y evaluar su viabilidad
- e) Identificar titularidad y costos asociados los terrenos destinados a la instalación de las centrales
- f) Evaluar los tiempos de implementación de los proyectos
- g) Estudiar un proyecto piloto de nueva construcción sobre un nuevo loteo de DS19, idealmente en el crecimiento norte de Coronel
- h) Llevar a cabo un análisis de sensibilidad de la rentabilidad de los proyectos y/o de las tarifas resultantes respecto a la temperatura de consigna de las viviendas, integrando distintos niveles de aislación, para visibilizar así el costo real del incremento de confort incluyendo mejoras pasivas y activas.