



INFORME FINAL

Análisis del sector de Packing e identificación de
posibilidades para ERNC



Programa de
Energías Renovables
y Eficiencia Energética
en Chile



Edición:

Deutsche Gesellschaft für
Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH

Friedrich-Ebert-Allee 40
53113 Bonn • Alemania

Dag-Hammarskjöld-Weg 1-5
65760 Eschborn • Alemania

Nombre del proyecto:

NAMA: Energías Renovables para Autoconsumo en Chile

Marchant Pereira 150
7500654 Providencia
Santiago • Chile
T +56 22 30 68 600
I www.giz.de

Responsable:

Rainer Schröer/ Stephan Remler

En coordinación:

Ministerio de Energía de Chile
Alameda 1449, Pisos 13 y 14, Edificio Santiago Downtown II
Santiago de Chile
T +56 22 367 3000
I www.minenergia.cl

Título:

Informe Final. Análisis del sector de Packing e identificación de posibilidades de
proyectos ERNC

Autor:

Aiguasol y Pipartner

Logo



Equipo:

Ignacio Fernández
Sven Harfagar Mandiola
Annika Schuettler
Mylene Andre
Alfredo González García
Ignasi Gurruchaga García
Joan Antoni Pérez Rodríguez
Daniel González i Castellví

Recordatorio: Este trabajo está dedicado a la memoria de Ignacio Fernández

Aclaración:

Esta publicación ha sido preparada por encargo del proyecto “NAMA: Energías Renovables para Autoconsumo en Chile” implementado por el Ministerio de Energía, CIFES y Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH en el marco de la cooperación intergubernamental entre Chile y Alemania. El proyecto se financia a través de la NAMA Facility del Ministerio Federal de Medio Ambiente, Protección de la Naturaleza, Obras Públicas y Seguridad Nuclear (BMUB) de Alemania y el Departamento de Negocios, Energía y Estrategia Industrial (DBEIS) de Gran Bretaña. Sin perjuicio de ello, las conclusiones y opiniones de los autores no necesariamente reflejan la posición del Gobierno de Chile o de GIZ. Además, cualquier referencia a una empresa, producto, marca, fabricante u otro similar en ningún caso constituye una recomendación por parte del Gobierno de Chile o de GIZ.

Santiago de Chile, Febrero de 2017

Contenido del informe

| | |
|---|-----------|
| 1. RESUMEN EJECUTIVO | 11 |
| 1.1. DE LA INDUSTRIA FRUTÍCOLA | 11 |
| 1.2. DEL SECTOR DEL PACKING | 13 |
| 1.3. DE LOS ACTORES CLAVE | 13 |
| 1.4. DE LOS PROYECTOS ERNC Y EE EXISTENTES | 14 |
| 1.5. DE LOS PROCESOS DE LOS PACKING | 14 |
| 1.6. DE LOS TIPOS DE PACKING | 14 |
| 1.7. DE LOS CONSUMOS ENERGÉTICOS | 16 |
| 1.8. DE LAS OPORTUNIDADES DE INTEGRACIÓN DE ERNC | 20 |
| 1.8.1. Soluciones Analizadas | 20 |
| 1.8.1.1. Solar Fotovoltaica | 20 |
| 1.8.1.2. Mini hidráulica | 20 |
| 1.8.1.3. Mini eólica | 21 |
| 1.8.1.4. Solar Térmica | 22 |
| 1.8.1.5. Cogeneración con Biodigestión | 23 |
| 1.8.1.6. Climatización con agua freática | 24 |
| 1.8.2. Modelos de negocio y marco legal | 24 |
| 1.8.2.1. Definiciones | 25 |
| 1.8.2.2. Configuraciones | 25 |
| 1.8.3. Resultados de los análisis | 26 |
| 1.8.4. Interpretación de resultados | 36 |
| 1.8.4.1. Solar Fotovoltaica | 36 |
| 1.8.4.2. Mini eólica | 37 |
| 1.8.4.3. Mini hidráulica | 37 |
| 1.8.4.4. Solar Térmica | 37 |
| 1.8.4.5. Refrigeración con agua freática | 38 |
| 1.8.4.6. Cogeneración con biodigestión | 38 |
| 1.9. DE LAS OPORTUNIDADES DE INCORPORACIÓN DE MEDIDAS DE EE | 39 |
| 1.10. RECOMENDACIONES DE ACTUACIÓN | 45 |
| 1.10.1. Intervenciones Técnicas | 45 |
| 2. CONTEXTO Y OBJETIVOS | 47 |
| 2.1. CONTEXTO | 47 |
| 2.2. OBJETIVOS GENERALES DEL TRABAJO | 48 |
| 2.3. OBJETIVO 1 | 49 |
| 2.4. OBJETIVO 2 | 49 |
| 2.5. OBJETIVO 3 | 49 |
| 2.6. OBJETIVO 4 | 50 |
| 2.7. OBJETIVO 5 | 50 |
| 2.8. OBJETIVO 6 | 50 |
| 2.9. OBJETIVO 7 | 51 |
| 3. CARACTERIZACIÓN DE LA INDUSTRIA DEL PACKING | 52 |
| 3.1. ASPECTOS ECONÓMICOS | 52 |
| 3.1.1. Mercado internacional de la fruta fresca | 52 |
| 3.1.2. El mercado chileno de la fruta fresca | 55 |
| 3.2. ASPECTOS PRODUCTIVOS | 65 |
| 3.2.1. Sector del packing | 66 |
| 3.2.2. Tipos de packing | 74 |
| 3.2.3. Proceso de packing | 77 |
| 3.2.3.1. Recepción de fruta | 78 |

| | | |
|-----------|---|------------|
| 3.2.3.2. | Lavado y secado..... | 79 |
| 3.2.3.3. | Selección | 79 |
| 3.2.3.4. | Etiquetado y embalaje | 80 |
| 3.2.3.5. | Paletizado | 81 |
| 3.2.3.6. | Prefrio..... | 81 |
| 3.2.3.7. | Almacenamiento | 82 |
| 4. | ACTORES CLAVE DE LA INDUSTRIA | 83 |
| 4.1. | EMPRESAS DE PACKING | 84 |
| 4.2. | ASOCIACIONES GREMIALES | 86 |
| 4.3. | PROVEEDORES DE EFICIENCIA ENERGÉTICA Y ENERGÍAS RENOVABLES NO CONVENCIONALES..... | 88 |
| 4.4. | PROVEEDORES DE LA INDUSTRIA DEL PACKING..... | 88 |
| 4.5. | INSTITUCIONES DE INVESTIGACIÓN | 89 |
| 4.6. | INSTITUCIONES PÚBLICAS | 89 |
| 5. | CATASTRO DE PROYECTOS EN EE Y ERNC..... | 92 |
| 5.1. | METODOLOGÍA | 92 |
| 5.2. | CATASTRO..... | 95 |
| 6. | VISITAS A TERRENO | 103 |
| 6.1. | COMENTARIOS GENERALES..... | 103 |
| 6.2. | VISITA FRUNAR | 106 |
| 6.2.1. | Ficha de proyecto..... | 107 |
| 6.2.2. | Procesos energéticos | 109 |
| 6.2.3. | Replicabilidad de proyecto..... | 111 |
| 6.3. | VISITA AGRÍCOLA AEROPUERTO | 112 |
| 6.3.1. | Ficha de proyecto..... | 114 |
| 6.3.2. | Procesos energéticos | 117 |
| 6.3.3. | Replicabilidad de proyecto..... | 117 |
| 6.4. | VISITA AGRÍCOLA LA CAPELLANÍA | 118 |
| 6.4.1. | Ficha de proyecto..... | 119 |
| 6.4.2. | Procesos energéticos | 121 |
| 6.4.3. | Replicabilidad de proyecto..... | 121 |
| 7. | CARACTERIZACIÓN DE LOS CONSUMOS ENERGÉTICOS..... | 123 |
| 7.1. | METODOLOGÍA DE CARACTERIZACIÓN Y MODELIZACIÓN | 123 |
| 7.1.1. | Generalidades de la metodología desarrollada..... | 123 |
| 7.1.2. | Revisión Bibliográfica | 124 |
| 7.1.2.1. | “Guía de Buenas Prácticas para Eficiencia Energética y Reducción de Emisiones en la industria frutícola”, Fundación Chile, 2009 | 125 |
| 7.1.2.2. | “Energy efficiency in fruit storage warehouses”, Marcus H. Wilcox, P.E., marzo 2001 | 125 |
| 7.1.2.3. | “Energy efficiency in fruit storage warehouses”, Australian Fruit Grower, Edición Julio 2014. | 126 |
| 7.1.2.4. | “A benchmark study of energy usage in export fruit production, packhouse and cold store operations” | 126 |
| 7.1.2.5. | Presentación “Energías limpias, Frutícola Dosal”, Felix Feres y Carlos Leiva, Septiembre 2011. | 128 |
| 7.1.2.6. | Presentación “Caso exitoso Rio Blanco”, Maxim Gutierrez Zozulia, 2009. | 129 |
| 7.1.2.7. | Presentación de Ingeniería Proquilab, Ricardo Cereceda, no documenta fecha. | 130 |
| 7.1.2.8. | Informe final asistencia técnica preinversión eficiencia energética para la empresa Sociedad Agrícola Puente Negro, Francisco García León, Febrero 2010. | 131 |

| | | |
|-----------|---|-----|
| 7.1.2.9. | “Manual de Buenas Prácticas Energéticas para la Industria Frutícola”, ASOEX, FDF, Fundación Chile, CNE, AGROCAP, Diciembre 2009. | 135 |
| 7.1.2.10. | Tesis “Plan de gestión de eficiencia energética exportadora frugal planta al mundo”, Silvia María Briso Urbina, Enero 2013. | 136 |
| 7.1.3. | Descripción de la metodología desarrollada | 138 |
| 7.1.3.1. | Planteamiento..... | 138 |
| 7.1.3.2. | Aproximación macro o estadística | 139 |
| 7.1.3.3. | Aproximación técnica..... | 140 |
| 7.1.3.4. | Aproximación física..... | 140 |
| 7.1.3.5. | Resultados..... | 140 |
| 7.2. | RESUMEN DE OPERACIONES POR TIPO DE FRUTA | 141 |
| 7.3. | MODELADO ENERGÉTICO DE PROCESOS Y OTROS CONSUMOS | 144 |
| 7.3.1. | Tipos de líneas de packing | 144 |
| 7.3.1.1. | Línea básica de procesamiento | 145 |
| 7.3.1.2. | Línea de media complejidad | 146 |
| 7.3.1.3. | Línea de alta complejidad | 148 |
| 7.3.2. | Descripción de los modelos..... | 149 |
| 7.3.2.1. | Enfriamiento y Climatización | 149 |
| 7.3.2.2. | Análisis de sensibilidad del modelo de refrigeración | 155 |
| 7.3.2.3. | Electromecánicos, iluminación y otros consumos eléctricos | 161 |
| 7.3.2.4. | Calentamiento de agua y secado..... | 162 |
| 7.3.3. | Calibración de los modelos..... | 164 |
| 7.3.4. | Análisis de la calibración de los modelos..... | 171 |
| 7.4. | CONSUMO DE ENERGÍA DE LOS PACKING TIPO | 174 |
| 7.4.1. | Definición de los Packing tipo..... | 174 |
| 7.4.2. | Resumen de indicadores energéticos..... | 176 |
| 7.4.3. | Detalle de consumo por Packing tipo | 176 |
| 7.4.3.1. | Packing tipo Atacama | 177 |
| 7.4.3.2. | Packing tipo Coquimbo | 179 |
| 7.4.3.3. | Packing tipo Valparaíso | 182 |
| 7.4.3.4. | Packing tipo Metropolitana..... | 185 |
| 7.4.3.5. | Packing tipo O'Higgins..... | 188 |
| 7.4.3.6. | Packing tipo El Maule | 191 |
| 7.4.3.7. | Packing tipo Biobío | 194 |
| 7.4.3.8. | Packing tipo Araucanía | 197 |
| 7.4.3.9. | Packing tipo Los Ríos | 200 |
| 7.4.3.10. | Packing tipo Los Lagos..... | 202 |

8. IDENTIFICACIÓN Y ANÁLISIS DE ALTERNATIVAS DE ENERGÍAS

RENOVABLES.....204

| | | |
|----------|--|-----|
| 8.1. | CARACTERIZACIÓN DE RECURSOS RENOVABLES..... | 204 |
| 8.1.1. | Recurso Solar..... | 204 |
| 8.1.2. | Recurso Hídrico..... | 205 |
| 8.1.3. | Recurso Eólico | 206 |
| 8.1.4. | Recurso Freático | 206 |
| 8.1.5. | Recurso Biomasa | 207 |
| 8.2. | PROPUESTAS DE ALTERNATIVAS EN BASE A TECNOLOGÍAS RENOVABLES | 208 |
| 8.2.1. | Solar Fotovoltaica..... | 208 |
| 8.2.1.1. | Motivación y descripción general | 208 |
| 8.2.1.2. | Etapas del proceso dónde aplica | 209 |
| 8.2.1.3. | Replicabilidad de la solución..... | 209 |
| 8.2.1.4. | Tiempo de implementación | 209 |
| 8.2.1.5. | Nivel de intervención en proceso productivo | 210 |
| 8.2.1.6. | Disponibilidad de proveedores para implementar la solución..... | 210 |
| 8.2.1.7. | Requerimientos de capacitación del personal para mantención y operación de los equipos | 211 |

| | | |
|----------|--|-----|
| 8.2.2. | Mini hidráulica | 211 |
| 8.2.2.1. | Motivación y descripción general | 211 |
| 8.2.2.2. | Etapa del proceso donde aplica | 212 |
| 8.2.2.3. | Replicabilidad de la solución | 212 |
| 8.2.2.4. | Tiempo de implementación | 212 |
| 8.2.2.5. | Nivel de intervención en proceso productivo | 213 |
| 8.2.2.6. | Disponibilidad de proveedores para implementar la solución | 213 |
| 8.2.2.7. | Requerimientos de capacitación del personal para mantención y operación de los equipos | 213 |
| 8.2.3. | Mini eólica | 213 |
| 8.2.3.1. | Motivación y descripción general | 213 |
| 8.2.3.2. | Etapa del proceso dónde aplica | 215 |
| 8.2.3.3. | Replicabilidad de la solución | 215 |
| 8.2.3.4. | Tiempo de implementación | 215 |
| 8.2.3.5. | Nivel de intervención en proceso productivo | 215 |
| 8.2.3.6. | Disponibilidad de proveedores para implementar la solución | 215 |
| 8.2.3.7. | Requerimientos de capacitación del personal para mantención y operación de los equipos | 216 |
| 8.2.4. | Solar Térmica | 216 |
| 8.2.4.1. | Motivación y descripción general | 216 |
| 8.2.4.2. | Etapa del proceso donde aplica | 217 |
| 8.2.4.3. | Replicabilidad de la solución | 217 |
| 8.2.4.4. | Tiempo de implementación | 217 |
| 8.2.4.5. | Nivel de intervención en proceso productivo | 217 |
| 8.2.4.6. | Disponibilidad de proveedores para implementar la solución | 217 |
| 8.2.4.7. | Requerimientos de capacitación del personal para mantención y operación de los equipos | 217 |
| 8.2.5. | Cogeneración con Biodigestión | 217 |
| 8.2.5.1. | Motivación y descripción general | 217 |
| 8.2.5.2. | Etapa del proceso dónde aplica | 219 |
| 8.2.5.3. | Replicabilidad de la solución | 219 |
| 8.2.5.4. | Tiempo de implementación | 219 |
| 8.2.5.5. | Nivel de intervención en proceso productivo | 220 |
| 8.2.5.6. | Disponibilidad de proveedores para implementar la solución | 220 |
| 8.2.5.7. | Requerimientos de capacitación del personal para mantención y operación de los equipos | 220 |
| 8.2.6. | Climatización con agua freática | 220 |
| 8.2.6.1. | Motivación y descripción general | 220 |
| 8.2.6.2. | Etapa del proceso donde aplica | 222 |
| 8.2.6.3. | Replicabilidad de la solución | 222 |
| 8.2.6.4. | Tiempo de implementación | 222 |
| 8.2.6.5. | Nivel de intervención en proceso productivo | 222 |
| 8.2.6.6. | Disponibilidad de proveedores para implementar la solución | 222 |
| 8.2.6.7. | Requerimientos de capacitación del personal para mantención y operación de los equipos | 222 |
| 8.3. | MODELOS DE NEGOCIO Y MARCO LEGAL | 222 |
| 8.3.1. | Definiciones | 223 |
| 8.3.2. | Configuraciones | 223 |
| 8.4. | CARACTERIZACIÓN Y MODELIZACIÓN DE LAS TECNOLOGÍAS RENOVABLES | 224 |
| 8.4.1. | Descripción metodológica | 224 |
| 8.4.2. | Hipótesis de estacionalidad | 226 |
| 8.4.3. | Hipótesis económicas y financieras | 228 |
| 8.4.3.1. | Curvas de costos de inversión | 228 |
| 8.4.3.2. | Curvas de costos de mantención | 230 |
| 8.4.4. | Descripción de Modelos Técnicos | 234 |
| 8.4.4.1. | Sistema Solar fotovoltaico | 234 |

| | | |
|-----------|---|------------|
| 8.4.4.2. | Sistema Solar Térmico..... | 234 |
| 8.4.4.3. | Sistema de generación eólica | 234 |
| 8.4.4.4. | Sistemas de generación hidráulica | 234 |
| 8.4.4.5. | Sistema de climatización con agua freática..... | 235 |
| 8.4.4.6. | Cogeneración con Biogás | 237 |
| 8.5. | PRESENTACIÓN Y ANÁLISIS DE RESULTADOS | 241 |
| 8.5.1. | Análisis previo de potencias | 241 |
| 8.5.2. | Identificación propuestas viables | 242 |
| 8.5.3. | Interpretación de resultados | 252 |
| 8.5.3.1. | Solar Fotovoltaica | 252 |
| 8.5.3.2. | Mini eólica..... | 253 |
| 8.5.3.3. | Mini hidráulica | 253 |
| 8.5.3.4. | Solar Térmica | 253 |
| 8.5.3.5. | Refrigeración con agua freática | 254 |
| 8.5.3.6. | Cogeneración con biodigestión | 255 |
| 8.6. | DESCRIPCIÓN DE CASOS DESTACADOS | 256 |
| 8.7. | DESARROLLO DE CASO EJEMPLO..... | 262 |
| 8.8. | ANÁLISIS DE SENSIBILIDAD DE LOS RESULTADOS | 273 |
| 8.8.1. | Interpretación de los gráficos..... | 274 |
| 8.8.2. | Sistema Solar fotovoltaico | 275 |
| 8.8.2.1. | Gráficos | 275 |
| 8.8.2.2. | Disertación..... | 277 |
| 8.8.3. | Sistema de generación eólica..... | 278 |
| 8.8.3.1. | Gráficos | 278 |
| 8.8.3.2. | Disertación..... | 279 |
| 8.8.4. | Sistemas de generación hidráulica | 280 |
| 8.8.4.1. | Gráficos | 280 |
| 8.8.4.2. | Disertación..... | 282 |
| 8.8.5. | Sistema de climatización con agua freática | 284 |
| 8.8.5.1. | Gráficos | 284 |
| 8.8.5.2. | Disertación..... | 285 |
| 9. | RANKING DE MEDIDAS DE EFICIENCIA ENERGÉTICA | 287 |
| 9.1. | PRESENTACIÓN..... | 287 |
| 9.2. | GENERALIDADES..... | 287 |
| 9.3. | TABLA RESUMEN DE AHORROS ENERGÉTICOS DE MEJORAS..... | 287 |
| 9.4. | TABLA RESUMEN DE AHORROS ECONÓMICOS DE MEJORAS..... | 291 |
| 9.5. | REDUCCIÓN DE DEMANDAS DE CLIMATIZACIÓN | 294 |
| 9.6. | REDUCCIÓN DE DEMANDAS DE ILUMINACIÓN..... | 294 |
| 9.6.1. | Instalación de sistemas de iluminación natural (European Commission, 2008) . | 294 |
| 9.6.2. | Instalación de sistemas de control automático de iluminación artificial (European Commission, 2008)..... | 294 |
| 9.6.3. | Reemplazar iluminación incandescente por lámparas fluorescentes compactas (CFL). (European Commission, 2008) | 294 |
| 9.6.4. | Reemplazar los balastos magnéticos por electrónicos (European Commission, 2008) 294 | |
| 9.6.5. | Cambiar tubos fluorescentes por versiones más eficientes (European Commission, 2008)..... | 295 |
| 9.6.6. | Reemplazar lámparas HID por tubos T-5 (European Commission, 2008)..... | 295 |
| 9.6.7. | Reemplazar las luces de mercurio por luces de sodio alta presión. (European Commission, 2008)..... | 295 |
| 9.6.8. | Implementación de lámparas LED..... | 295 |
| 9.6.9. | Tabla general de recomendación de cambios de luminarias (Comisión Nacional de Energía, Fundación Chile, ASIMET, 2007) | 295 |
| 9.7. | SISTEMAS DE CONTROL Y SISTEMAS DE GESTIÓN DE LA ENERGÍA..... | 296 |
| 9.7.1. | Sistema de gestión energética global (European Commission, 2008) | 296 |

| | | |
|------------|--|------------|
| 9.7.2. | Monitorización de eficiencia (European Commission, 2008)..... | 297 |
| 9.7.3. | Alarma de puertas abiertas, aislación de puertas y ventanas. (European Commission, 2008)..... | 297 |
| 9.7.4. | Control programado de ventiladores y extractores (European Commission, 2008) | 297 |
| 9.7.5. | Monitorización contaminantes en refrigerante (European Commission, 2008)... | 297 |
| 9.7.6. | Monitorización filtros en línea de succión (European Commission, 2008)..... | 298 |
| 9.7.7. | Monitorización carga refrigerante (European Commission, 2008)..... | 298 |
| 9.7.8. | Sistema de control para compresores (European Commission, 2008) | 298 |
| 9.8. | MEJORAMIENTO DE LOS SISTEMAS DE PRODUCCIÓN DE CALOR Y FRÍO EXISTENTES | 299 |
| 9.8.1. | Caldera correctamente dimensionada (Ministerio de Industria Turismo y Comercio, 2007) | 299 |
| 9.8.2. | Mantenimiento regular de la caldera (European Commission, 2008) | 299 |
| 9.8.3. | Aislación apropiada de la caldera (European Commission, 2008) | 299 |
| 9.8.4. | Cambio de caldera diésel por gas licuado de petróleo (European Commission, 2008) | 299 |
| 9.8.5. | Purgadores automáticos en condensadores (European Commission, 2008) | 300 |
| 9.8.6. | Correcto dimensionamiento de sistemas de ventilación-refrigeración (European Commission, 2008)..... | 300 |
| 9.9. | MEDIDAS DE EFICIENCIA ENERGÉTICA EN PROCESOS..... | 300 |
| 9.9.1. | Motores | 300 |
| 9.9.1.1. | Revisión del dimensionamiento adecuado de motores. (European Commission, 2008) | 300 |
| 9.9.1.2. | Instalación de motores de alta eficiencia. (European Commission, 2008) | 300 |
| 9.9.1.3. | Instalación de variadores de velocidad (VSD) (European Commission, 2008) | 301 |
| 9.9.1.4. | Mantenimiento y monitoreo (European Commission, 2008) | 301 |
| 9.9.1.5. | Reemplazar las correas de distribución. (European Commission, 2008)..... | 301 |
| 9.9.2. | Aire Comprimido..... | 301 |
| 9.9.2.1. | Mantenimiento y monitoreo | 301 |
| 9.9.2.2. | Reparar fugas | 301 |
| 9.9.2.3. | Reducir la caída de presión | 302 |
| 9.9.2.4. | Reducción del uso de aire comprimido | 302 |
| 9.9.2.5. | Implementación de sistema de control | 302 |
| 9.9.2.6. | Reducción de la temperatura de entrada al compresor | 302 |
| 9.9.2.7. | Controlar la velocidad de motores..... | 303 |
| 9.9.2.8. | Correcto dimensionamiento de tuberías..... | 303 |
| 9.9.2.9. | Recuperación de calor para calentar agua..... | 303 |
| 9.9.2.10. | Reemplazo de correas de distribución | 303 |
| 9.9.2.11. | Reducción de las descargas de aire comprimido | 303 |
| 9.9.2.12. | Tabla Resumen | 303 |
| 9.10. | OTRAS MEDIDAS DE EFICIENCIA ENERGÉTICA | 304 |
| 9.10.1. | Aplicar filtros para reducir Distorsión armónica (Borregard, Medina, Carretero, Klemmer, & Bordeu, 2009) | 304 |
| 9.10.2. | Mejorar el factor de potencia. (European Commission, 2008) | 304 |
| 9.11. | RECOMENDACIONES DE MANEJO SEGÚN FEDEFRUTAS..... | 304 |
| 9.11.1. | Refrigeración | 304 |
| 9.11.2. | Cámaras de almacenamiento | 305 |
| 10. | RECOMENDACIONES DE ACTUACIÓN..... | 307 |
| 10.1. | INTERVENCIONES TÉCNICAS..... | 307 |
| 11. | MAPAS REPRESENTATIVOS | 309 |
| 12. | ANEXOS | 312 |
| 12.1. | DESARROLLO FUNCIONES DE COSTOS PMGD | 312 |
| 12.2. | INFORME JURÍDICO SOBRE EL USO DE AGUAS FREÁTICAS PARA USOS TÉRMICOS..... | 315 |

| | | |
|------------|---|------------|
| 12.2.1. | Antecedentes generales | 315 |
| 12.2.2. | Derecho comparado. | 315 |
| 12.2.3. | Marco regulatorio en Chile. | 316 |
| 12.2.4. | Legislación de aguas. | 319 |
| 12.2.5. | Legislación ambiental | 321 |
| 12.3. | FIGURAS SIN INFORMACIÓN RELEVANTE | 324 |
| 12.4. | CÓDIGO EES DE BOMBA DE CALOR | 326 |
| 13. | REFERENCIAS | 327 |
| 14. | ÍNDICE DE TABLAS | 330 |
| 15. | ÍNDICE DE ILUSTRACIONES | 333 |

1. Resumen Ejecutivo

1.1. De la Industria Frutícola

Desde comienzos siglo, Chile ha trabajado de forma continua por transformarse en potencia agroalimentaria de nivel internacional, explotando su gran diversidad agroclimática y de suelos, que brindan excelentes condiciones para el desarrollo de una variedad de actividades agropecuarias y acuícolas. En 2013, el aporte sectorial acumulado de los sectores silvoagropecuario, alimentos y bebidas y tabaco al PIB nacional fue de un 6,2%.

Dentro de la oferta mundial de frutas, tan sólo 10 países concentran el 56% del total de las exportaciones mundiales, estos son: Estados Unidos como líder con el 14,1%; seguido de España (8,8%), Chile (5,5%), Países Bajos (5,4%) y Turquía (4,1%) (Suecia, 2016).¹

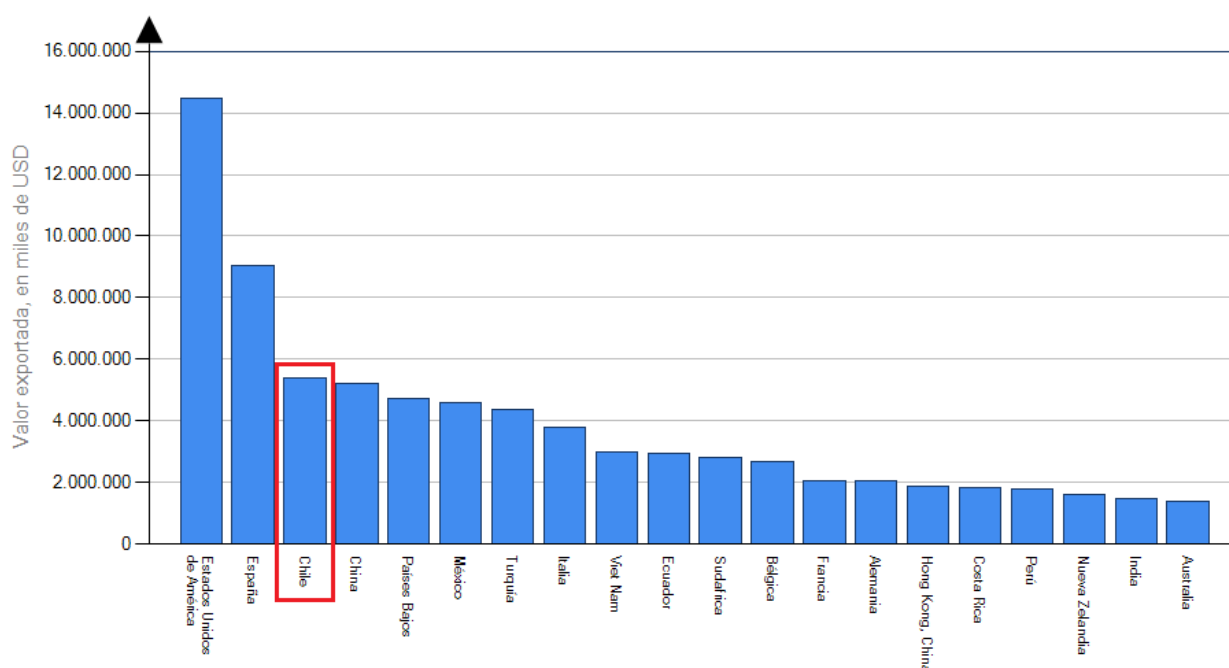


Ilustración 1: Lista de países exportadores de fruta fresca en 2015.²

Según datos del Servicio Nacional de Aduanas Chile, en la economía chilena, la fruta es uno de los productos exportados más importantes después de la minería, debido a su gran diversidad agroclimática y de suelos que permiten desarrollar una variedad de cultivos de gran calidad exportadora. En el año 2015, la fruta fresca representó el tercer producto más exportado tras el cobre y otros minerales, con 5.058MM, y el 8.1% del volumen exportado.

¹ <http://www.sieca.int/PortalData/Documentos/D1CCB65B-6EDD-4FC4-92E5-609EFCF1E227.pdf>

² www.trademapp.org

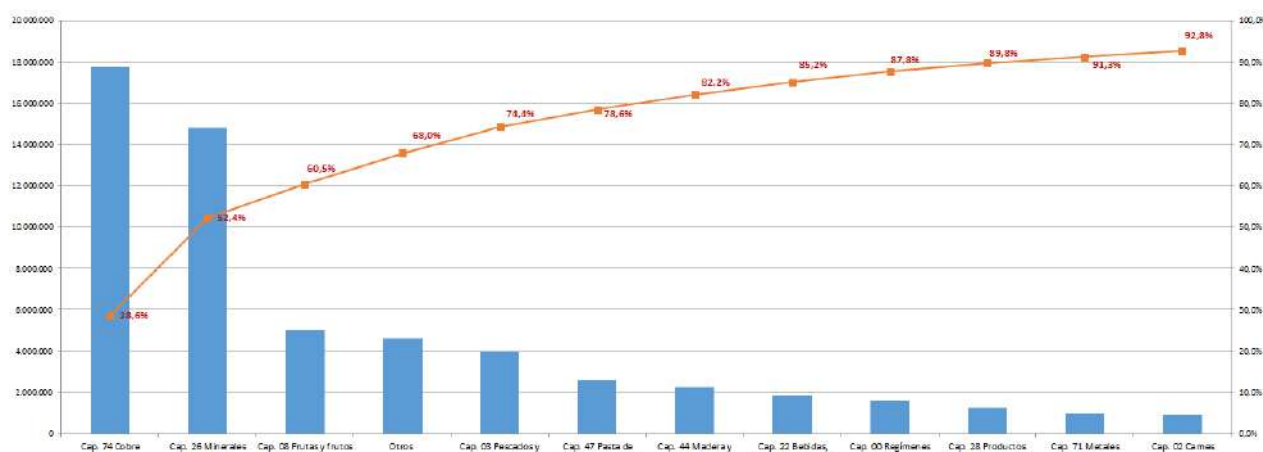


Ilustración 2: Niveles de exportación de los diversos capítulos existentes en el registro de Aduanas (Fuente: Aduana)

Las principales exportaciones de fruta fresca son uva (33,7%), manzana (14%), arándanos (14%) y cerezas (12,6%). En relación a la fruta congelada, lideran los Arándanos congelados (30,2%), frambuesas congeladas (27,7%), moras congeladas (16,4%) y frutillas congeladas (15,8%), representando la fruta fresca el 95,7 % del volumen exportado y la fruta congelada el 4,3%. El 85% de la fruta producida en Chile se destina a exportación y el 15% restante al mercado interno nacional.

La producción de fruta, se concentra entre las regiones de Atacama y el Maule, mientras que el 90% de las empresas de packing se concentran entre las regiones de Coquimbo y Maule, donde se procesa el 94% de la fruta de cada temporada, concentrando la mayor producción en la VI. Región de O'Higgins con 421 empresas de packing.

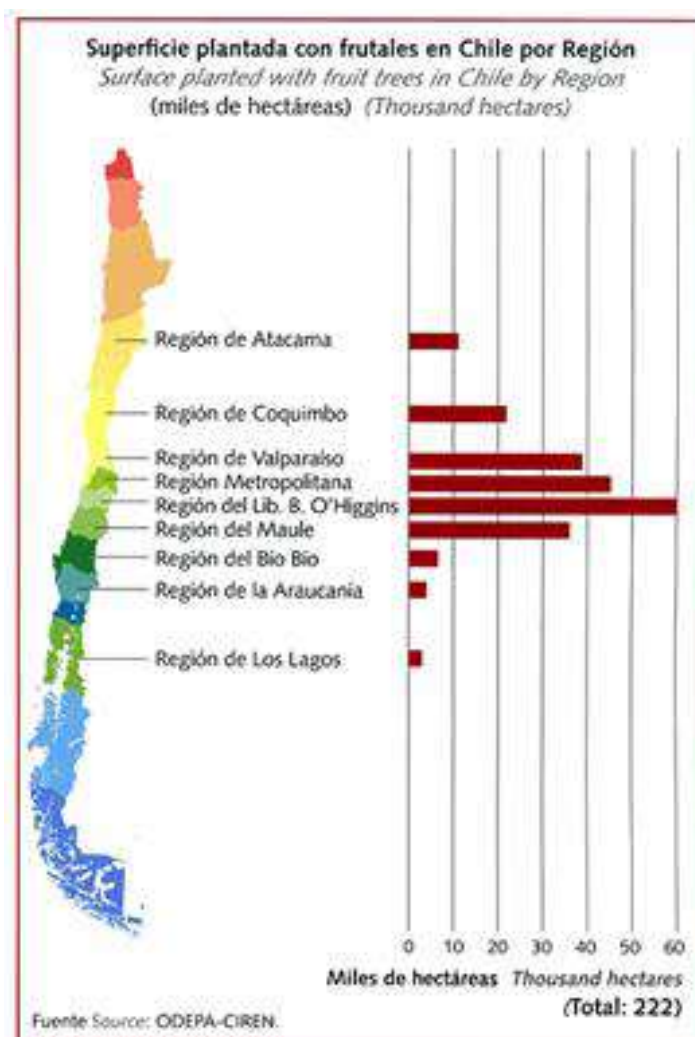


Ilustración 3: Distribución de superficie cultivada de frutales en Chile. Fuente: ODEPA-CIREN.

1.2. Del sector del Packing

La unidad de Packing se integra al proceso productivo de la fruta fresca, una vez terminada la cosecha. Los procesos realizados en la industria del Packing tienen el propósito de seleccionar la fruta y empacarla para que ésta sea enviada directamente al embarque, a la bodega de productos terminados, o bien a la agroindustria.³

En cuanto a las empresas de packing, el 90% de ellas se concentran entre las regiones de Coquimbo y Maule, donde se procesa el 94% de la fruta de cada temporada, concentrando la mayor producción en la VI. Región de O'Higgins.⁴

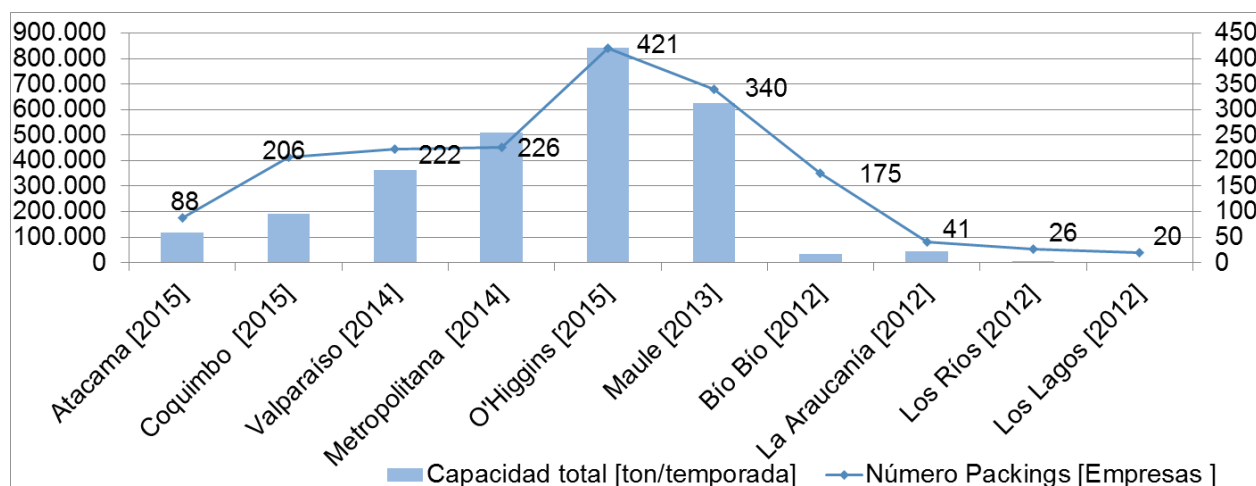


Ilustración 4: Número de empresas de packing y sus capacidades de almacenamiento por región. (Fuente: www.odepa.cl)

1.3. De los actores clave

Las barreras de entrada a la industria de la fruta y el sector packing son muy bajas. Por este motivo, existe una gran cantidad de empresas de packing de fruta de tamaños pequeños y medianos. Sin perjuicio de lo anterior, existen un número de empresas de mayor tamaño, definido por su volumen de exportación, las cuales exportan fruta de producción propia, de empresas relacionadas y de productores menores. De las 255 empresas de packing identificadas, a partir de levantamiento del equipo consultor, se obtuvieron datos productivos de 140 de ellas. Estas 140 empresas llegan a abarcar el 75,81% del mercado de exportación de fruta del país. La empresa Frusan lidera el mercado con un 4,38%, seguida por Dole con un 4,3% y Subsole con un 3,9%. Las 25 empresas más grandes de packing indicadas en la Tabla 29 abarcan el 50% del mercado nacional.

El rubro frutícola se caracteriza por ser altamente organizado en asociaciones gremiales con una importante trayectoria. Se identificaron dos asociaciones como las más relevantes para el sector del packing: Por un lado, la Asociación de Exportadores de Frutas de Chile A.G. (ASOEX) y la Federación Gremial Nacional de Productores de Fruta (FEDEFruta). Con menor cantidad de empresas, pero no menos relevante para los términos del presente estudio, se consideró a la Asociación de Empresas de Alimentos de Chile (Chilealimentos).

Las instituciones de investigación y desarrollo (I&D) relevantes para el sector del packing, son aquellas que abarcan el sector frutícola. Se pudo constatar que, en general, hay poca I&D relacionada con el packing; proceso poco estudiado dentro de la cadena de valor frutícola.

³ <http://www.revistas.uchile.cl/files/journals/121/articles/10610/public/10610-23857-1-PB.html>

⁴ http://www.odepa.cl/wp-content/files_mf/1383165686Catastro_Agroindustrial_Informe_final.pdf

En cuanto a instituciones públicas, la más relevante desde el punto de vista fiscalizador, es el Servicio Agrícola y Ganadero (SAG). En relación al fomento de la actividad frutícola y/o la integración de medidas de EE y ERNC, se destacan la Fundación para la Innovación Agraria (FIA), el Instituto de Investigaciones Agropecuarias (INIA), el Instituto de Desarrollo Agropecuario (INDAP) y el Consejo Nacional de Producción Limpia (CPL).

1.4. De los proyectos ERNC y EE existentes

En cuanto a proyectos de EE y ERNC ya implementados en el sector del packing, se puede constatar a modo general que la temática energética ha sido poco abordada en la industria del packing, a diferencia de otros procesos dentro de la cadena de valor de la producción frutícola, como es la producción primaria, donde la energía solar ha sido integrada para el bombeo de agua.

Se han detectado 36 proyectos realizados hasta la fecha, entre los que se cuentan medidas de eficiencia energética en equipos, solar fotovoltaica, solar térmica, iluminación y un caso de bomba de calor.

1.5. De los procesos de los Packing

Los packing de frutas son unidades productivas que nacen para seleccionar y empacar aquella fruta que destinada a la exportación, mercado nacional, o como destino a las plantas procesadoras de frutas (principalmente plantas de pulpas, jugos o deshidratados).

Productivamente, una planta de packing contempla:

- Recepción de Fruta
- Lavado y Secado;
- Selección;
- Etiquetado y Embalaje;
- Paletizado
- Prefrío;
- Almacenamiento.

En un packing satélite, los procesos son más simples y menos tecnificados. La recepción se realiza a medida que se recolecta la fruta del predio agrícola y no contempla prefrío o almacenamiento en la instalación.

1.6. De los tipos de Packing

Dentro de la cadena de valor de la producción frutícola, la unidad de packing es el recinto donde se realiza la selección y el embalaje de las frutas frescas. Por experiencia del equipo consultor, dentro de esta categorización, se excluyen los packing de hortalizas, ya que son unidades muy pequeñas, cuyas potencias de frío rara vez superan los 20[KW] en sus unidades de frío. Además su mercado objetivo es el nacional, por lo cual los períodos de almacenamiento son muy reducidos.

Dentro de los Packing industriales, se han considerado a efectos del estudio tres tipos de Packing en función de su nivel de complejidad, que a su vez depende de las frutas a tratar.

La línea básica de procesamiento se encuentra en las frutas que son muy delicadas y por tanto su manipulación usualmente se hace en packings satélites. Para estos, casos, el único proceso centralizado corresponde al almacenamiento en cámaras de frío.

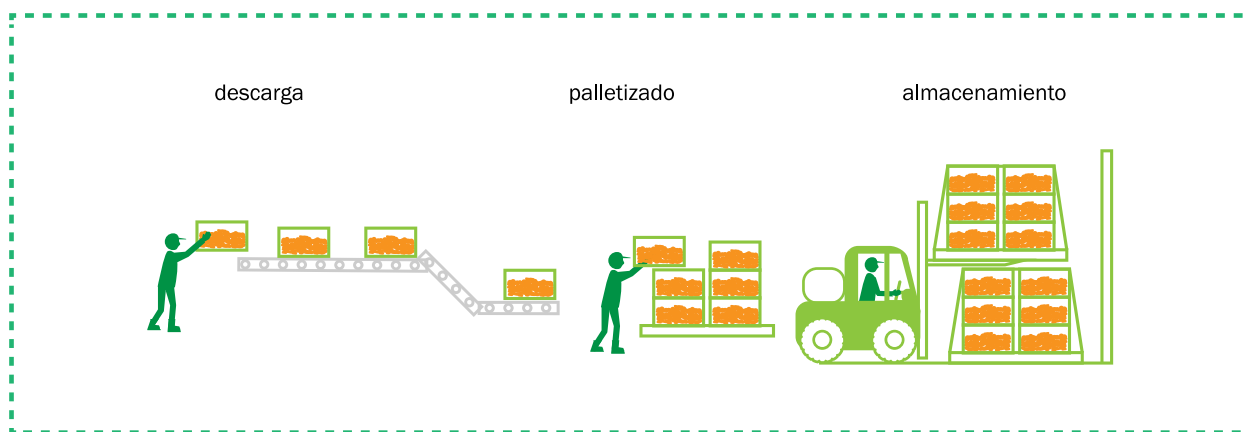


Ilustración 5: Esquema de una línea de empaquetamiento básica o de baja complejidad.

Este procesamiento, es válido para las siguientes frutas:

- Uva de mesa
- Cerezo
- Arándano
- Frambuesa

En una línea de media complejidad se recibe la fruta y luego se realizan varios procesos de clasificación y embalaje que consumen electricidad antes de que la fruta sea almacenada.

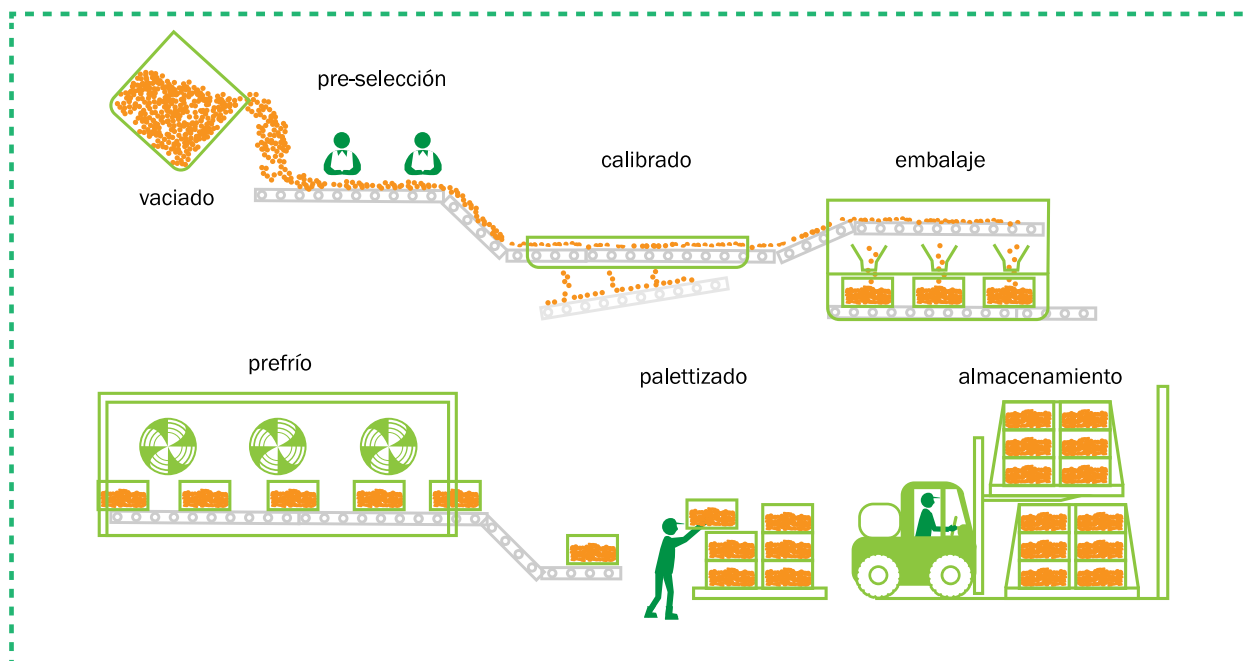


Ilustración 6: Esquema de una línea de empaquetamiento de media complejidad.

Este procesamiento, es válido para las siguientes frutas:

- Palta
- Durazno
- Ciruelo
- Kiwi

La línea de mayor complejidad incorpora procesos térmicos adicionales puesto que incluye procesos de lavado, secado y encerado.

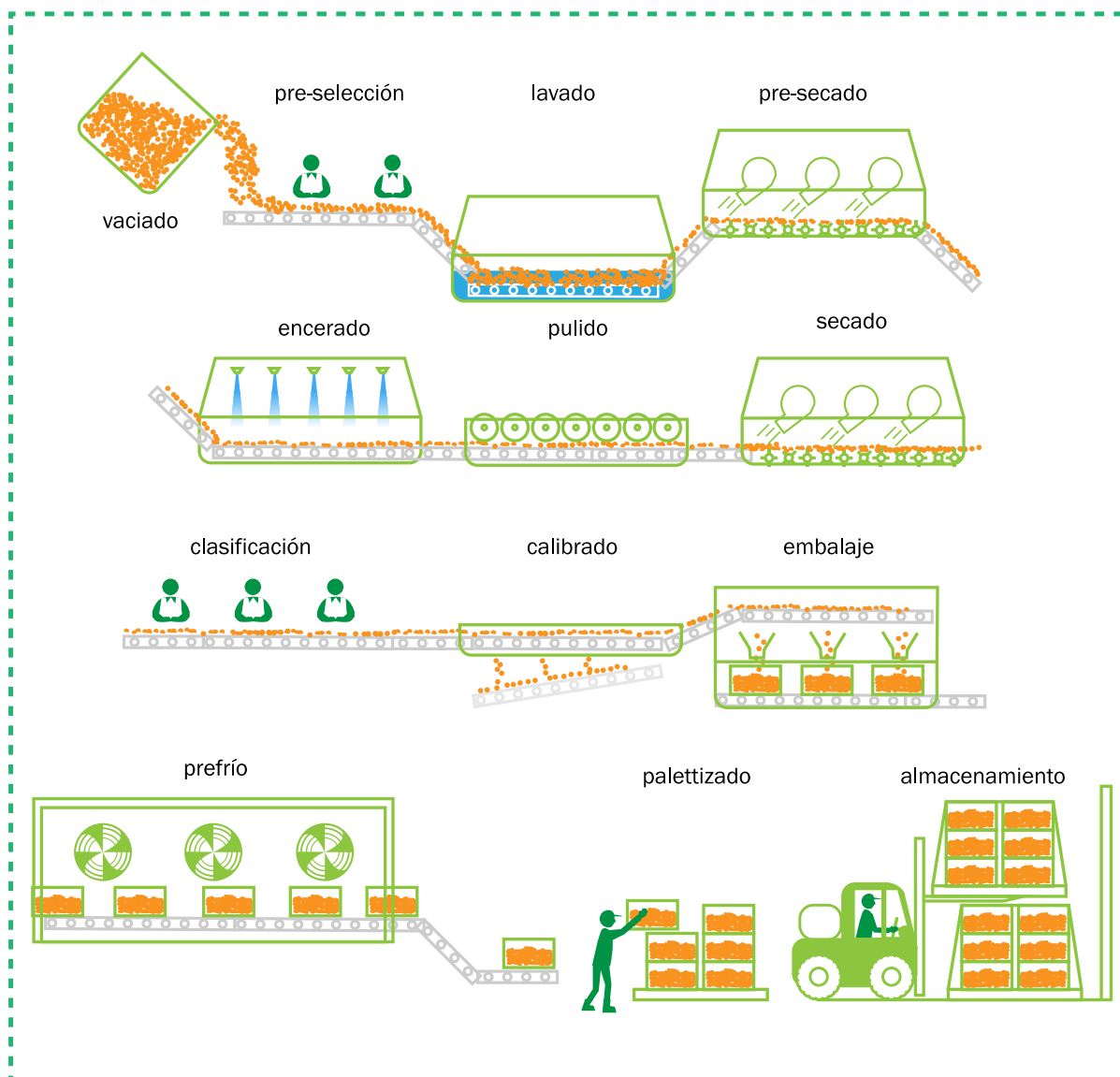


Ilustración 7: Esquema de una línea de empaquetamiento de alta complejidad.

Este procesamiento, es válido para las siguientes frutas:

- Nectarino
- Manzana
- Pera
- Mandarina
- Limón
- Naranja

1.7. De los consumos energéticos

A efectos de la caracterización energética se definieron Packing Tipo como una forma de caracterizar los distintos escenarios energéticos que se pueden encontrar en el sector productivo de acuerdo a las variables más relevantes identificadas.

Los parámetros más relevantes de un packing tipo corresponden a:

- **Localización:** Define las condiciones de contorno, sobre todo la información meteorológica. Para las 10 regiones que presentan algún nivel de producción frutícola para empaquetamiento. Para la información meteorológica se utilizó la información del explorador solar, para un punto definido en los valles (lejos de la costa), dónde es más probable que se lleve a cabo la producción.
- **Tamaño de la producción:** Para calor, frío, electricidad y combustible, el factor que más influye en las demandas. Como escala linealmente, se realizó un solo modelo por localización con los tamaños correspondientes a la moda estadística en base a la información entregada por la ODEPA.
- **Tipos de fruta procesadas:** Influye sobre todo en el consumo de calor, casi todos los demás consumos se mantienen constantes. Los tipos de fruta se extrapolaron en base a las superficies plantadas de cada tipo de fruta considerado en el estudio, para cada localización.
- **Estacionalidad:** Es muy relevante en los procesos térmicos de frío y por ende en el consumo eléctrico. Esta queda determinada por los tipos de fruta y la estacionalidad estadística informada por distintas fuentes.

En base a estas variables, se construyeron 10 packing tipo, uno por cada región, que se caracterizaron en detalle en base a perfiles horarios de demandas y consumos. Del conjunto de todos ellos se obtienen los consumos por regiones que se muestran a continuación.

Tabla 1 Consumos específicos por región (Electricidad, GLP, Diesel y suma de combustibles)

| | Cons. Esp. Elec [kWh/ton] | Cons. Esp. GLP [kWh/ton] | Cons. Esp. Diesel [kWh/ton] | Cons. Esp. Comb [kWh/ton] |
|---------------|---------------------------|--------------------------|-----------------------------|---------------------------|
| Atacama | 247,8 | 1,4 | 57,7 | 59,1 |
| Coquimbo | 100,6 | 5,4 | 22,9 | 28,3 |
| Valparaíso | 89,9 | 3,1 | 15,4 | 18,5 |
| Metropolitana | 90,9 | 4,3 | 15,5 | 19,9 |
| O'Higgins | 91,8 | 5,5 | 16,0 | 21,6 |
| El Maule | 84,9 | 10,0 | 18,9 | 28,8 |
| Biobío | 87,0 | 4,0 | 18,3 | 22,3 |
| Araucanía | 81,2 | 9,4 | 18,1 | 27,5 |
| Los Ríos | 65,0 | 1,4 | 6,1 | 7,5 |
| Los Lagos | 63,3 | 1,4 | 6,5 | 7,9 |

A modo de ejemplo se muestra la caracterización del Packing Tipo de O'Higgins.

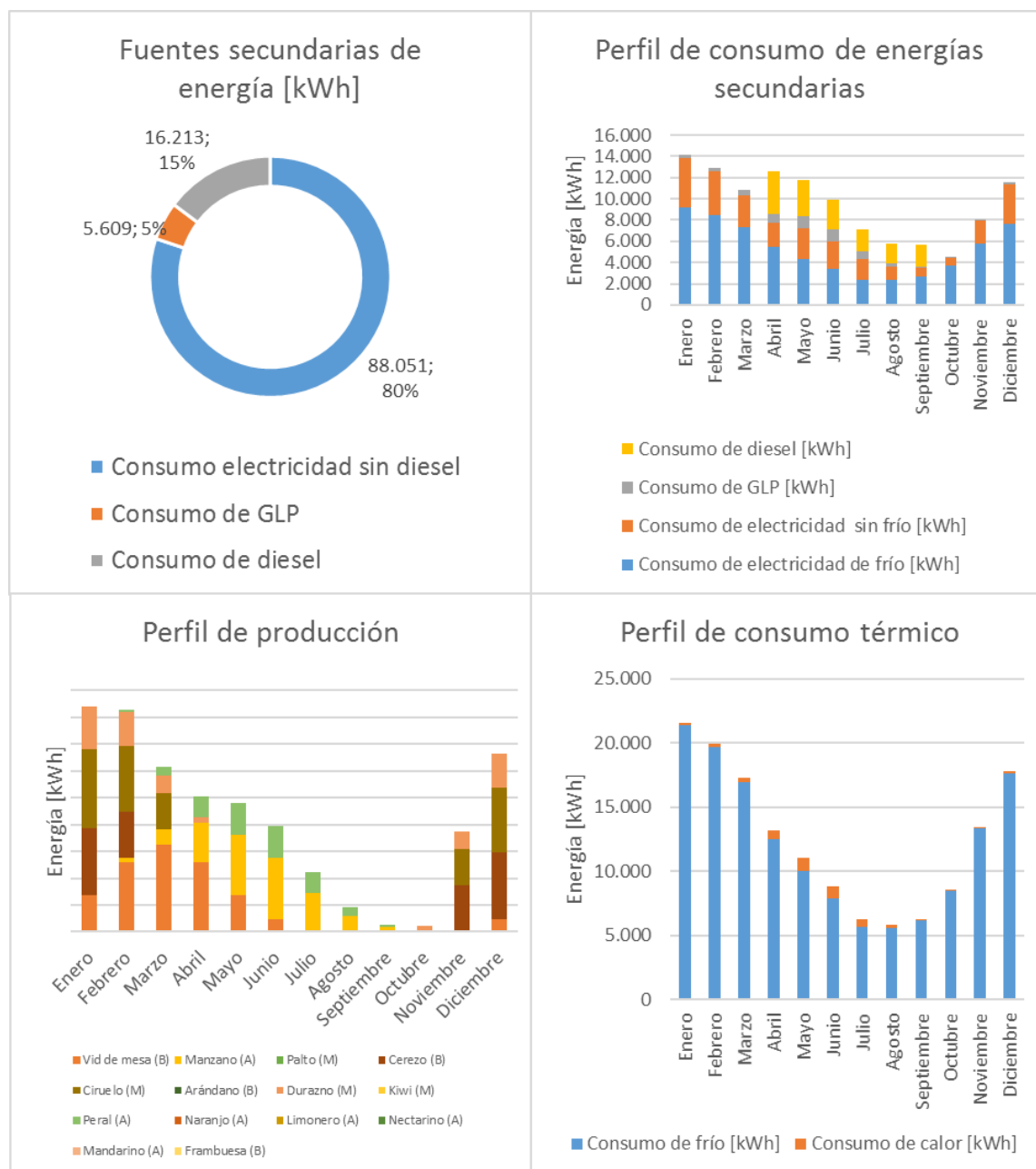


Ilustración 8. Matriz de fuentes secundarias de energía, Perfil anual de consumo de energías secundarias, Perfil de producción y Perfil de consumo térmico. Región del general Libertador Bernardo O'Higgins.

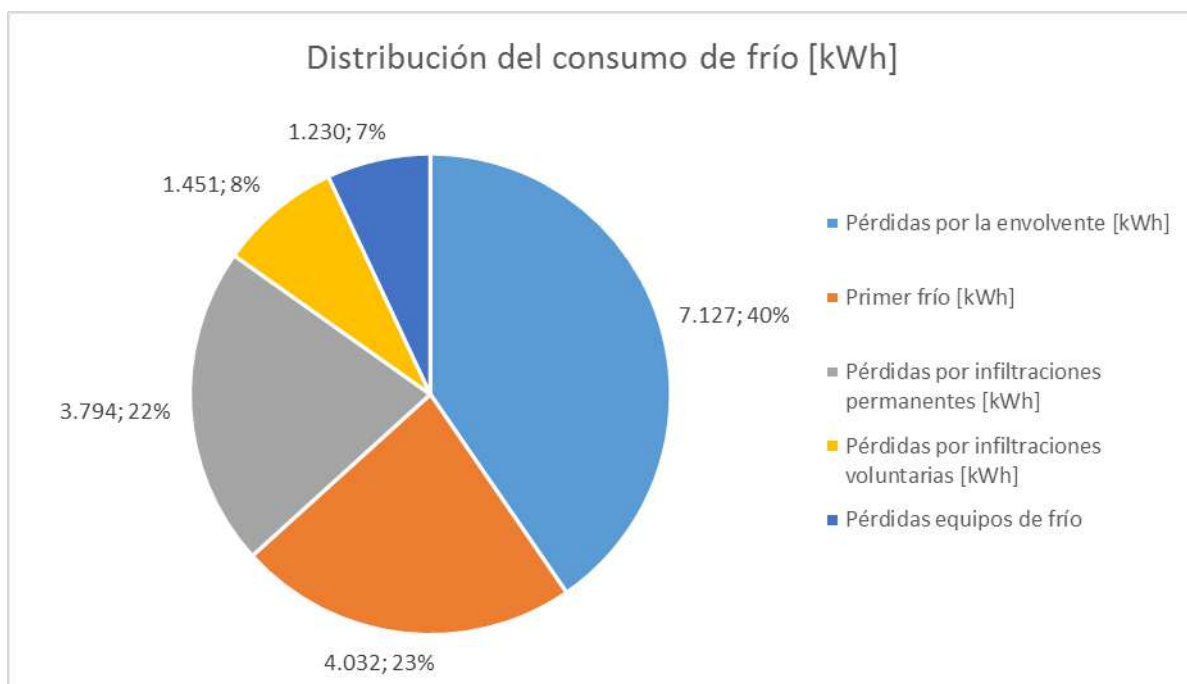


Ilustración 9. Distribución de demanda de energía para procesos de frío, Región de O'Higgins

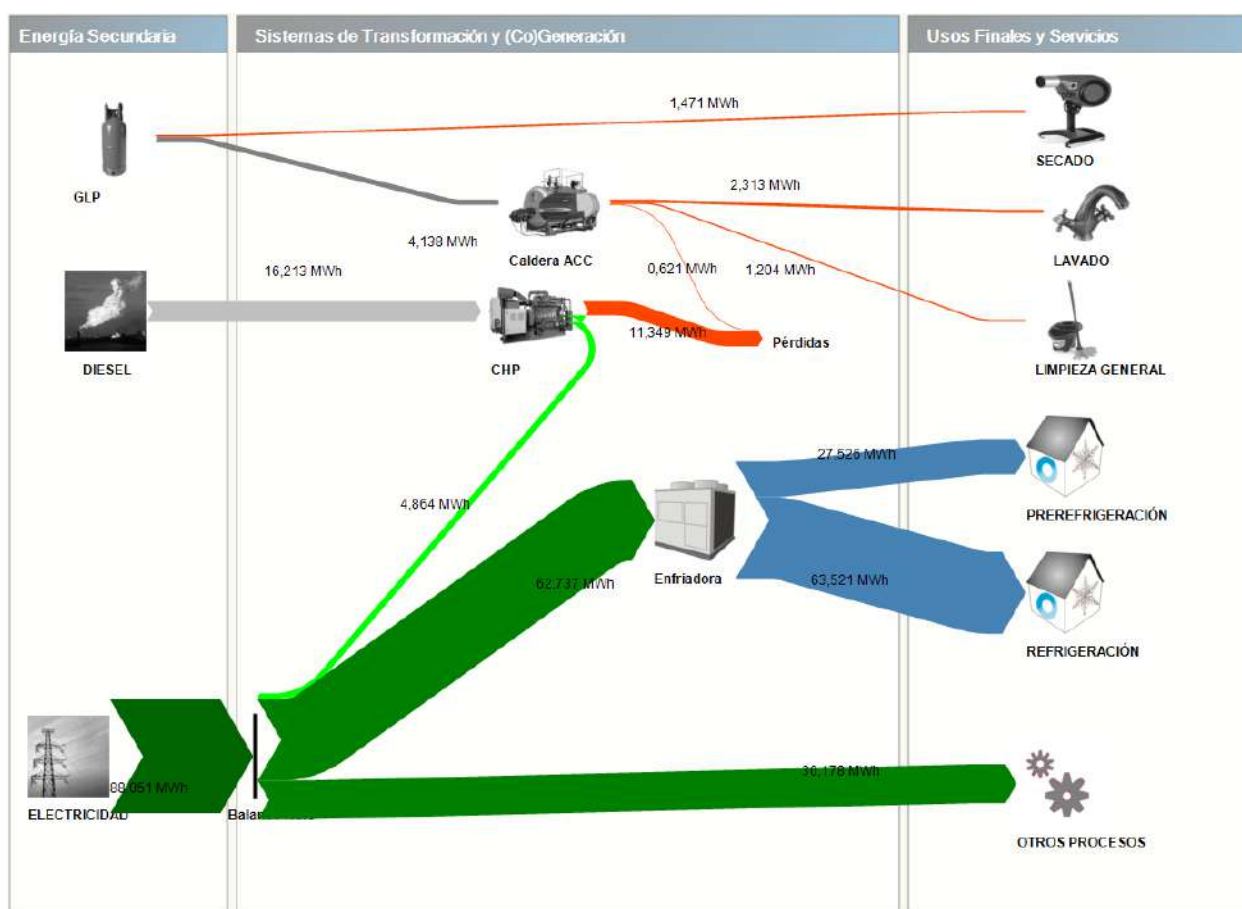


Ilustración 10. Esquema sankey de consumo energético para Región del general Libertador Bernardo O'Higgins.

1.8. De las oportunidades de integración de ERNC

1.8.1. Soluciones Analizadas

1.8.1.1. Solar Fotovoltaica

El fenómeno fotovoltaico es un fenómeno físico químico que aprovecha la radiación solar para generar diferencia de potencial en un material semiconductor, lo que provoca el flujo de electrones y por consiguiente energía eléctrica aprovechable.

Se plantea la instalación de energía solar fotovoltaica para cubrir la base de demanda eléctrica mediante autoconsumo, y exportando a la red los excedentes en el marco regulatorio actual de la ley de generación distribuida y a través del mercado regulado por la Ley general de servicios eléctricos a través de PMGD.

Para el caso de Packing este sistema resulta especialmente atractivo debido a varias razones:

- La mayor parte de los consumos energéticos son de electricidad (en torno a un 60-90%),
- La mayoría de bodegas de Packing que cuentan con cámaras de frío tienen estructuras robustas y amplias techumbres (Porque tienen que soportar la aislación que tiene un peso significativo, así como los equipos de clima que también tienen un peso significativo).
- Las horas de operación de los Packing son por lo general entre 8 y 19 horas, que calza con la ventana de horario en que existe oferta solar. Y a pesar de que los equipos de frío operan las 24 hrs. del día, las horas de máxima demanda energética están asociadas con la temperatura ambiente que a su vez coincide con la oferta de energía solar.

Una ventaja de la tecnología fotovoltaica es que la instalación y operación es sencilla, y esta última de bajo costo, en relación a otras tecnologías.

Físicamente las instalaciones fotovoltaicas consisten en un campo de captación y una serie de inversores-controladores (en función del tamaño de la instalación y el nivel de centralización).

Por otra parte, la radiación solar en el norte de Chile en general es mayor a la de los países europeos que más potencia tienen instalada en esta tecnología (Alemania, Italia, Reino Unido, Francia, España, etc.). Este fenómeno se expande hasta la región de Los Lagos, en que la radiación promedio puede alcanzar valores de 1600 kWh/m².

1.8.1.2. Mini hidráulica

La tecnología de generación eléctrica a partir de energía hidráulica es aquella que mediante turbinas hidráulicas transforma la energía cinética disponible de un flujo líquido en energía eléctrica.

Por una instalación mini hidráulica se entiende cualquier instalación de menos de 10 MW de potencia instalada.

Se plantea la instalación de centrales hidráulicas en un modelo similar al fotovoltaico, es decir, para el reemplazo de la energía consumida en procesos y la inyección del excedente a la red eléctrica.

En presencia del recurso adecuado, la energía hidráulica puede ofrecer un factor de planta superior al de la energía fotovoltaica y al de la energía eólica.

La factibilidad técnica de esta tecnología está fuertemente arraigada a la disponibilidad del recurso hídrico. Sin embargo, para este estudio, se ha supuesto la existencia de dicho recurso con un perfil de caudal basado en la estadística regional.

Si bien su costo de inversión es superior, su vida útil también es mayor y por tener un factor de planta más alto ofrece mejores ahorros por reducción de potencia eléctrica.

En relación al ciclo anual, los afluentes de origen nival tienen mayor potencial debido a que su régimen de caudal aumenta cuando las temperaturas son máximas, lo que coincide con las demandas máximas de frío.

1.8.1.3. Mini eólica

Un sistema eólico consiste en una turbina que transforma la energía cinética del viento en una diferencia de potencial y por consiguiente en flujo eléctrico.

Las turbinas eólicas comúnmente utilizadas corresponden a las de eje horizontal.

La factibilidad técnica de esta tecnología se relaciona directamente al recurso eólico disponible, usualmente expresado como un perfil de vientos a una determinada altura, en ciclo diario-anual, horario y/o como perfil estadístico de frecuencia (curva de Weibull).

A diferencia del recurso hídrico, el recurso eólico presenta un perfil de oferta energética más discontinuo a lo largo de un periodo temporal más corto, con una variación levemente menor durante las estaciones del año.

Una caracterización temporal posible de los vientos puede encontrarse en [los Estudios de Potencial ERNC del Ministerio de Energía](#)⁵. En este perfil, para la zona central y austral se puede verificar que el factor de planta estimado es superior para los meses de invierno, y en un periodo más bien nocturno (19-23 hrs).

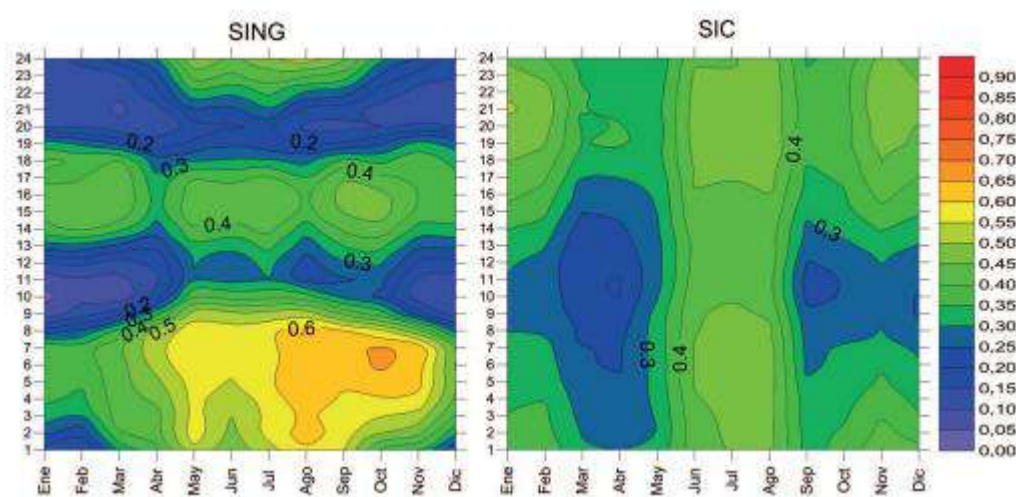


Ilustración 11. Factor de potencia para meses y horas del año, para el SING y el SIC. Fuente: [Estudios de Potencial ERNC del Ministerio de Energía](#).

Esto quiere decir que es más complejo estimar el nivel de acoplamiento entre la demanda y la oferta energética y por ende el nivel de energía reemplazada vs energía inyectada, sin embargo, la estadística dice que durante un ciclo-anual su factor de planta es confiable.

⁵ http://www.minenergi.cl/archivos_bajar/Estudios/Potencial_ER_en_Chile_AC.pdf

En el siguiente gráfico se puede verificar que la variación en la velocidad promedio y el factor de planta año a año, no alcanza variaciones superiores al 6% con respecto de la línea central.

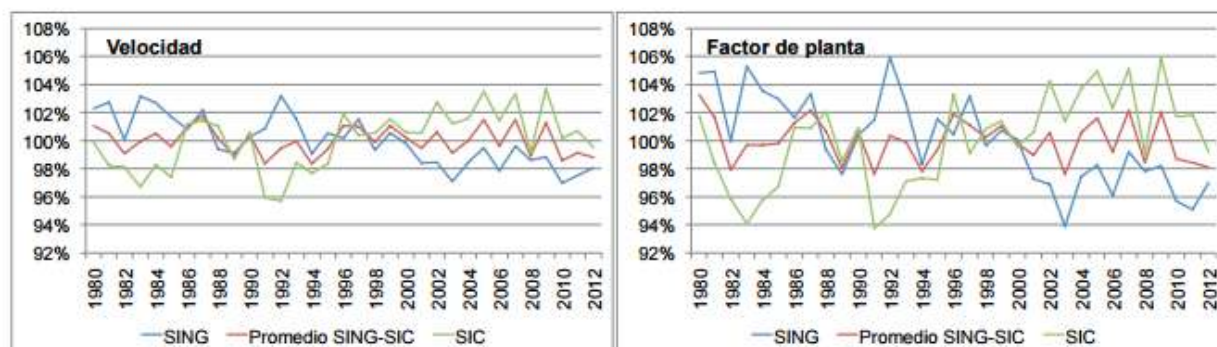


Ilustración 12. Curvas de variación de velocidad promedio del viento y factor de planta anual. Fuente: [Estudios de Potencial ERNC del Ministerio de Energía.](#)

Las instalaciones generalmente se diseñan para una vida útil de 20 años, sin embargo, existen planes de extensión de la vida útil de los campos eólicos, en que se pueden alcanzar horizontes de 25 años.

Otro factor a tener en consideración es la extensión de terreno que se requiere para hacer estas instalaciones.

Mientras más altas las turbinas, mayor la distancia que tiene que existir entre turbinas. Se aconseja localizar las turbinas entre 3 y 10 diámetros de rotor (dependiendo de la dirección del viento), pero esto quiere decir que para una turbina de 50 kW cuyo rotor mide unos 20 metros de diámetro, se necesitan entre 60-200 metros lineales, que puede significar en torno a 1.200 metros cuadrados de superficie libre para aprovechar de la mejor manera el recurso.

Para el caso particular de los Packings, esta tecnología puede resultar atractiva en función de la localización de las plantas. Si la planta tiene un buen recurso eólico y además tiene el espacio adecuado para hacer una instalación entonces la relación entre costos de inversión y energía reemplazada/inyectada puede ser la más conveniente de las soluciones acá propuestas.

1.8.1.4. Solar Térmica

El recurso solar es uno de los principales activos renovables de Chile, por lo que deben ser tomadas en cuenta todas aquellas tecnologías que busquen su aprovechamiento.

Un sistema solar térmico consta del campo de captadores y de un acumulador propio que le permite gestionar su operación, gracias a su conexión en serie con el sistema convencional, consiguiendo ahorros en el consumo de combustible para la producción de calor.

La tecnología solar térmica de baja temperatura, casa - con las demandas de limpieza y agua caliente sanitaria caracterizadas en la demanda de los Packing en lo que a nivel térmico se refiere, por ser procesos de ciclo abierto que toman agua de red y requieren de su elevación hasta niveles de 45°C a 60°C, rangos en los que esta tecnología trabaja adecuadamente. Aun así, la tecnología solar térmica requiere del máximo de horas de operaciones anuales posibles para su amortización, como la mayoría de las tecnologías renovables, y la estacionalidad de algunos Packing puede ser un importante impedimento para su viabilidad.

De forma complementaria a la energía solar térmica, pueden integrarse otras tecnologías como la cogeneración o la recuperación de calor de ciclos frigoríficos, que pueden aportar energía a la demanda de calor de baja temperatura como un subproducto de muy bajo costo.

1.8.1.5. Cogeneración con Biodigestión

Los Packing procesan gran cantidad de masa vegetal, con unas mermas estimadas sólo en procesado del 10%, además de encontrarse en un entorno con acceso a otros residuos vegetales de otra índole o de otros orígenes. Estos residuos tienen un potencial energético importante si se tratan con biodigestión, que a su vez reduce el volumen y la carga orgánica del deshecho evitando problemas ambientales asociados a su no tratamiento. Por ello se considera interesante plantear la posibilidad de su valorización energética.

Por otra parte, tal como se ha visto en la caracterización energética de la demanda de los Packing, éstos demandan principalmente electricidad para la producción de frío, con lo que parece interesante plantear opciones que puedan llevar a la producción de electricidad o de frío.

El biogás, compuesto principalmente por metano (CH_4 55% a 70%) y dióxido de carbono (CO_2 30% a 45%)⁶ es un combustible gaseoso que permite su uso en quemadores, motores y turbinas, para la generación de calor o energía mecánica. Su producción en biodigestores requiere del aporte de calor para mejorar el rendimiento de la actividad bacteriana, auto consumiendo entre un 30% y un 50% del calor útil generado.

Las opciones de uso son pues:

- Su uso en quemadores para el calentamiento de aire
- Su uso en calderas para el propio calentamiento y para su uso como agua de proceso o ACS
- Su uso en un dispositivo de cogeneración para generar electricidad y calor de una vez, para autoconsumo térmico, consumos eléctricos o exportación, y el posible uso para agua de proceso o ACS.

Si partimos del enfoque al ahorro en frío, se plantean dos opciones:

- Cogenerar y usar la electricidad para alimentar consumos eléctricos, incluyendo el frío.
- Trigenerar, lo que representa usar el calor residual de la cogeneración para producir frío mediante una máquina de absorción.

Se ha optado por descartar la trigeneración por varios aspectos:

- Los sistemas de frío de los packing funcionan generalmente directamente con evaporadores de refrigerante en las salas a enfriar, mientras que las máquinas de absorción producen agua o agua glicolada fría, para aplicaciones de frío negativo, lo que hace que su integración requiera de equipos de emisión extras a los existente y por lo tanto a intervenir dentro de las cámaras de frío.
- Las máquinas de absorción para usos bajo cero tienen rendimientos muy bajos, típicamente entre 0,7 y 0,9, por lo que el rendimiento de producción de frío útil respecto al biogás disponible termina siendo mucho más bajo que si se valoriza a través de la electricidad y un ciclo de compresión al uso.
- Estas máquinas tienen además un costo muy elevado, lo que hace difícil su amortización, especialmente cuando la alternativa es usar un equipo amortizado, como los equipos de frío existentes
- Para los rangos de potencias identificados para los Packing tipo en el proyecto, dado el autoconsumo de calor del biodigestor, el calor residual disponible es pequeño y puede cubrir las demandas de agua caliente, lo que no justifica invertir en un nuevo dispositivo.

⁶ <http://www.fao.org/docrep/019/as400s/as400s.pdf>

Esta elección condiciona también la del dispositivo de cogeneración. Dado que se opta por producir el máximo de electricidad posible para su uso en autoconsumo eléctrico y que no es deseable que haya excedente térmico, contando además que la electricidad tiene un costo mayor que los combustibles, se opta por trabajar con un motor en lugar de una turbina. Los primeros tienen rendimientos eléctricos de entre 30% y 50% según el tamaño y la tecnología, mientras que las turbinas de gas rondan el 25%.

1.8.1.6. Climatización con agua freática

La climatización con agua freática parte la necesidad de hacer más eficientes los ciclos de enfriamiento convencionales de las cámaras frigoríficas sin una transformación completa de los sistemas de generación.

Los ciclos de enfriamiento convencionales están compuestos por los mismos equipos que los ciclos de enfriamiento con aguas freáticas: compresor, condensador, válvula de expansión y evaporador. La diferencia entre ellos reside en las condiciones en las que hacemos operar estos sistemas. Si bien en un sistema de enfriamiento convencional, la fuente externa con la que intercambia calor el condensador, el aire, está sobre los 30°C, un sistema de enfriamiento con aguas freáticas, la fuente externa, el agua del subsuelo, está sobre los 5 - 15°C.

Esta diferencia redundante en las condiciones de operación de todo el ciclo termodinámico, modificando bien temperaturas o presiones, bien entalpías, resultando en diferentes balances energéticos y rendimientos (COP) del sistema.

Por ejemplo, un ciclo de enfriamiento convencional de R134a con una temperatura de evaporación de -8°C (para una sala a 1°C) y con una temperatura de condensación de 45°C, requiere de un compresor que trabajará entre 2.1 y 11.6 bar mientras que un ciclo de enfriamiento con aguas freáticas para la misma cámara frigorífica (y para la misma potencia de enfriamiento) que trabaje con una temperatura de condensación de 30°C, requiere de un compresor que trabajará entre 2.1 y 7.7 bar. Esto lleva a que el consumo del compresor pase de 43.69 kJ/kg a 32.87 kJ/kg, incrementado el COP de 2.5 a 3.9, para este ejemplo. La intervención de climatización con agua freática pasa por:

1. Modificación del condensador por aire por un condensador por agua, esto es un intercambiador agua freática-refrigerante y los accesorios hidráulicos correspondientes.
2. Modificación del punto de consigna del compresor/es para ajustarlo al nuevo punto de trabajo.
3. Modificación del ajuste de la válvula de expansión.
4. Rellenado con fluido refrigerante.

Otra forma de hacer más eficientes los ciclos de enfriamiento convencionales, cuando la modificación del punto de funcionamiento del ciclo no es posible (por limitaciones de los equipos) o no es económicamente viable (por excesiva descentralización de los equipos del ciclo), es mediante la introducción de una etapa de recuperación de calor previa al condensador, pero ello no es en general compatible con esta intervención dado que la temperatura del refrigerante a la salida del compresor es demasiado baja.

1.8.2. Modelos de negocio y marco legal

La viabilidad de implementación de ENRC depende mucho del modelo de negocio planteado, así como de ciertos marcos legales y por lo tanto ello afecta en gran medida a los cálculos de rendimiento financiero y a los planteamientos plausibles.

Estas consideraciones de índole no técnica afectan en las dos dimensiones planteadas en el título. El modelo de negocio se refiere a quién invierte, cómo lo hace y cómo lo financia. El

marco legal condiciona las posibilidades de integración de la tecnología, su necesidad de acoplarse a los procesos y los niveles de ahorro o retribución,

1.8.2.1. Definiciones

A modo de marco, se deben clarificar los siguientes aspectos:

- Las **ENRC eléctricas** no tienen afectación sobre los procesos pero están condicionadas a marcos legales estrictos por su relación con la red eléctrica
- Las **ENRC térmicas** presentan las características opuestas a las anteriores
- **Autoconsumo**: Consumir internamente la energía producida, sea térmica o eléctrica, sin relación con elementos o sistemas exteriores al Packing
- **Ley 20.571⁷ o de Generación Ciudadana**. Constituye un marco regulatorio que permite conectar instalaciones de ENRC y cogeneración de alta eficiencia a la red eléctrica para verter los excedentes de producción eléctrica no autoconsumida, a cambio de una remuneración económica relacionada con la tarifa de compra. Aplica a sistemas de hasta 100kWe.
- **PMGD⁸** Pequeños Medios de Generación Distribuida, constituye otro marco regulatorio para sistemas por encima de los 100kWe y hasta los 9MWe. Bajo este marco se pueden configurar estructuras de inyección a red como en el caso anterior, pero con otros requerimientos técnicos y legales y otros niveles de retribución de la energía producida
- **ESCO⁹** Empresa de Servicios Energéticos, empresa especializada en energía que destaca por disponer de la capacidad de financiar a través de fondos o endeudamiento, operaciones energéticas de terceros a cambio de ahorros o de venta de energía útil.
- Entendemos por **Financiación de Proyecto** el uso de productos financieros para financiar una operación, sean cuales sean las garantías para ello.

1.8.2.2. Configuraciones

En base a lo anterior las operaciones ENRC, así como las de ahorro energético, se pueden configurar según la matriz siguiente, en la que todas las combinaciones son viables, pero se indican en verde las más adecuadas y en naranja las que pueden suponer más complicaciones o con mayores limitaciones.

Tabla 2. Configuraciones de financiación y uso de la energía. Fuente: Elaboración propia

| | | Uso de la energía | | |
|----------------|---------------------|-------------------|------------|------|
| | | autoconsumo | Ley 20.571 | PMGD |
| Financiamiento | Fondos propios | | | |
| | Financiación propia | | | |
| | ESCO | | | |

⁷ http://www.sec.cl/portal/page?_pageid=33,5819695&_dad=portal&_schema=PORTAL

⁸ http://www.sec.cl/portal/page?_pageid=33,6097709&_dad=portal&_schema=PORTAL

⁹ <http://www.anescochile.cl/esco/>

Un factor de gran importancia en la configuración de la operación es el nivel de inversión de la misma. Así para pequeñas operaciones no es difícil acometerlas con fondos propios o endeudamiento propio, mientras que hacerlo con una ESCO es poco viable pues requieren de un tamaño mínimo de inversión que justifique tanto los procesos de comercialización como los protocolos de seguimiento de la operación. Orientativamente podríamos fijar sobre los 300MMCLP el nivel de inversión mínimo para que una ESCO pueda movilizarse por una operación. Para grandes inversiones, usar fondos propios acostumbra a ser muy poco recomendable desde un punto de vista financiero y es fácil lograr que una ESCO se interese. Lograr financiamiento dependerá siempre de las garantías del actor en cuestión sobre el mismo.

A nivel técnico o de uso de la energía, se configuran las tres alternativas planteadas, en la que el autoconsumo incluye tanto tecnologías térmicas como eléctricas, mientras que los otros, Generación Ciudadana y PMGD, dos se refieren estrictamente a ERNC eléctricas.

El **autoconsumo** puro tiene una importante limitación con gran afectación sobre la rentabilidad. Este es la necesidad de coincidencia de producción y demanda y la consiguiente pérdida de aprovechamiento cuando ésta no se da. Para el caso del packing y otros sectores agrícolas afectados por la estacionalidad, incluso con varios meses si casi actividad, este representa en realidad un gran inconveniente que llega a inviabilizar las propuestas. Este fenómeno conduce al dimensionado de sistemas con un aporte porcentual respecto a la demanda muy pequeño, que garantice el máximo aprovechamiento de la inversión. Por otra parte, cabe destacar desde un punto de vista de ahorro económico unitario, el autoconsumo es siempre el más conveniente porque evita la compra de la energía, siempre con el costo más alto, y en el caso térmico su inyección tras la transformación permite ahorrar incluso el rendimiento de la caldera.

La inyección de los excedentes a la red mediante el esquema regulado por la ley de **Generación Ciudadana** permite gozar de las ventajas del autoconsumo pero a su vez valorizar lo generado en horario o temporada no coincidente con la demanda. Para el caso industrial que nos ocupa, además, la tarifa de inyección es prácticamente idéntica a la de compra, con lo que los resultados económicos son los mismos que si se lograra autoconsumir toda la energía generada. La principal limitación de este marco es la potencia, que está acotada a 100kW_e, nivel que la mayoría de packings del país superarían con gran holgura, y en el que los costos unitarios son todavía poco competitivos con los que podría corresponder a los niveles óptimos de esta industria.

Esta limitación de potencia, para llegar a los valores cercanos al MW que se encuentran con normalidad la capacidad de evacuación de los Packing de mayor tamaño, se puede salvar cambiando de esquema y entrando en los mencionados **PMGD**, que aplica hasta los 9MW. Este esquema permite vender los excedentes a un precio razonable, aunque más bajo que el precio de compra, lo que tiende a viabilizar los ingresos, pero presenta unos costos de estudios y requerimientos extra que encarecen mucho la inversión, con un impacto que puede llegar a inviabilizar operaciones de pequeña potencia, poco por encima de los 100kW_e (véase 12.1 Desarrollo funciones de costos PMGD)

1.8.3. Resultados de los análisis

Con el objetivo de caracterizar la viabilidad de los sistemas en función de las distintas variables y casuísticas, se lanzaron 7.291 simulaciones combinando las distintas variables seleccionadas como significativas, de las que posteriormente dos se eliminaron por su baja significancia (8.8. Análisis de sensibilidad de los resultados), quedando el análisis final en 1.620 casos por tecnología simulados y analizados, en dos grupos de 810 para cada una, dependiendo del tipo de financiación:

- Financiación con fondos propios sin apalancamiento
- Financiación con apalancamiento del 70% con un costo del capital del 8%

Dado que el objetivo del estudio es identificar la viabilidad de las distintas tecnologías sujetas a las distintas variables, para cada uno de los dos casos de financiación se ha generado como resultado una tabla por tecnología en la que se muestra el período de retorno y la potencia del caso más rentable para cada localización, tamaño, estacionalidad y evolución del costo de la energía eléctrica. Se muestran todos los resultados con períodos de retorno bajo los 20 años, excepto para el caso del sistema de aprovechamiento de aguas freáticas, en el que este límite se reduce a 10 años, dada la menor durabilidad de la intervención.

Tal como se ve en la imagen siguiente, la tabla incluye en horizontal tres tamaños de producción anual por región, así como todas las combinaciones posibles de las tres estacionalidades y los tres escenarios de evolución del costo de la electricidad (ECE). Las potencias están expresadas en kW_e para las tecnologías de generación y en kW_f para la de refrigeración, y el período de retorno está expresado en años.

| | ECE | 5,2% | | | | | | 0% | | | | | |
|------------|-----------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| | | estac1 | | estac2 | | estac3 | | estac1 | | estac2 | | estac3 | |
| | Estacionalidad | P (kW) | PR (a) | P (kW) | PR (a) | P (kW) | PR (a) | P (kW) | PR (a) | P (kW) | PR (a) | P (kW) | PR (a) |
| Atacama | Producción (kg) | | | | | | | | | | | | |
| | 1.000.000 | 13 | 8 | 55 | 8 | 44 | 8 | | | | | | |
| | 5.000.000 | 100 | 8 | 100 | 8 | 100 | 8 | | | | | | |
| | 20.000.000 | 100 | 8 | 100 | 8 | 100 | 8 | | | | | | |
| Coquimb | 750.705 | 43 | 8 | 45 | 8 | 36 | 8 | | | | | | |
| | 3.753.526 | 100 | 8 | 100 | 8 | 100 | 8 | | | | | | |
| | 15.014.105 | 100 | 8 | 100 | 8 | 100 | 8 | | | | | | |
| Valparaíso | 1.019.070 | 15 | 5 | 15 | 5 | 46 | 5 | 59 | 7 | 61 | 7 | 46 | 7 |
| | 5.095.351 | 100 | 6 | 100 | 6 | 100 | 6 | 100 | 7 | 100 | 7 | 100 | 7 |
| | 20.381.403 | 100 | 6 | 100 | 6 | 100 | 6 | 100 | 7 | 100 | 7 | 100 | 7 |

Ilustración 13. Ejemplo de tabla de resultados de potencia viable por casos. Fuente: Elaboración propia

Se presentan estas tablas para todos los sistemas excepto para solar térmica y cogeneración con biodigestión, que no arrojan ningún caso viable con período de retorno inferior a los 25 años.

Tabla 3. Fotovoltaica. Potencia y período de retorno para los casos con menor período de retorno bajo 20 años con apalancamiento. Fuente: Elaboración propia

| | ECE | 5,2% | | | | | | 0% | | | | | | -5,2% | | | | | |
|-----------|-----------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| | Estacionalidad | estac1 | | estac2 | | estac3 | | estac1 | | estac2 | | estac3 | | estac1 | | estac2 | | estac3 | |
| | Producción (kg) | P (kW) | PR (a) | P (kW) | PR (a) | P (kW) | PR (a) | P (kW) | PR (a) | P (kW) | PR (a) | P (kW) | PR (a) | P (kW) | PR (a) | P (kW) | PR (a) | P (kW) | PR (a) |
| Atacama | 1.000.000 | 53 | 10 | 55 | 10 | 44 | 11 | | | | | | | | | | | | |
| | 5.000.000 | 100 | 7 | 100 | 7 | 100 | 7 | 100 | 11 | 100 | 11 | 100 | 11 | | | | | | |
| | 20.000.000 | 956 | 4 | 997 | 4 | 796 | 4 | 956 | 4 | 997 | 4 | 796 | 5 | 956 | 5 | 997 | 5 | 796 | 5 |
| Coquimb | 750.705 | 43 | 10 | 45 | 9 | 36 | 11 | | | | | | | | | | | | |
| | 3.753.526 | 100 | 6 | 100 | 6 | 100 | 6 | 100 | 9 | 100 | 9 | 100 | 9 | | | | | | |
| | 15.014.105 | 780 | 4 | 819 | 4 | 669 | 4 | 780 | 4 | 819 | 4 | 669 | 5 | 780 | 5 | 819 | 5 | 669 | 6 |
| Valparaís | 1.019.070 | 59 | 8 | 61 | 8 | 46 | 9 | 59 | 13 | 61 | 12 | 46 | 20 | | | | | | |
| | 5.095.351 | 274 | 6 | 288 | 6 | 100 | 6 | 274 | 8 | 288 | 8 | 100 | 8 | | | | | | |
| | 20.381.403 | 1.057 | 3 | 1.111 | 3 | 866 | 4 | 1.057 | 4 | 1.111 | 4 | 866 | 4 | 1.057 | 4 | 1.111 | 4 | 866 | 4 |
| Metropol | 1.085.900 | 61 | 10 | 64 | 10 | 49 | 12 | | | | | | | | | | | | |
| | 5.429.502 | 285 | 7 | 298 | 7 | 100 | 8 | 285 | 11 | 298 | 11 | 100 | 13 | | | | | | |
| | 21.718.008 | 1.098 | 4 | 1.150 | 4 | 905 | 4 | 1.098 | 4 | 1.150 | 4 | 905 | 5 | 1.098 | 5 | 1.150 | 5 | 905 | 5 |
| O'Higgins | 1.011.870 | 57 | 9 | 60 | 8 | 45 | 10 | 57 | 18 | 60 | 16 | | | | | | | | |
| | 5.059.348 | 100 | 6 | 281 | 6 | 100 | 6 | 267 | 9 | 281 | 9 | 100 | 9 | | | | | | |
| | 20.237.390 | 1.029 | 3 | 1.084 | 3 | 849 | 4 | 1.029 | 4 | 1.084 | 4 | 849 | 4 | 1.029 | 4 | 1.084 | 4 | 849 | 5 |
| El Maule | 1.232.023 | 67 | 8 | 70 | 8 | 53 | 9 | 67 | 15 | 70 | 14 | | | | | | | | |
| | 6.160.114 | 315 | 6 | 328 | 6 | 258 | 7 | 315 | 8 | 328 | 8 | 100 | 10 | | | | | | |
| | 24.640.456 | 1.220 | 3 | 1.270 | 3 | 1.013 | 4 | 1.220 | 4 | 1.270 | 4 | 1.013 | 4 | 1.220 | 4 | 1.270 | 4 | 1.013 | 4 |
| Biobío | 360.650 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 1.803.248 | 81 | 8 | 84 | 8 | 69 | 9 | 81 | 16 | 84 | 15 | | | | | | | | |
| | 7.212.993 | 311 | 7 | 322 | 7 | 268 | 8 | 311 | 10 | 322 | 10 | 100 | 13 | | | | | | |
| Araucaní | 411.783 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 2.058.914 | 93 | 10 | 98 | 10 | 80 | 11 | | | | | | | | | | | | |
| | 8.235.657 | 358 | 8 | 378 | 7 | 312 | 9 | 358 | 12 | 378 | 12 | | | | | | | | |
| Los Ríos | 596.500 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 2.982.500 | 55 | 14 | 59 | 14 | 94 | 11 | | | | | | | | | | | | |
| | 11.930.000 | 426 | 7 | 457 | 7 | 367 | 8 | 426 | 9 | 457 | 9 | 367 | 14 | | | | | | |
| Los Lagos | 570.000 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 2.850.000 | 98 | 12 | 54 | 17 | 94 | 12 | | | | | | | | | | | | |
| | 11.400.000 | 377 | 8 | 421 | 8 | 366 | 9 | 377 | 15 | 421 | 14 | | | | | | | | |

Tabla 4. Fotovoltaica. Potencia y período de retorno para los casos con menor período de retorno bajo 20 años sin apalancamiento. Fuente: Elaboración propia

| | ECE | 5,2% | | | | | | 0% | | | | | | -5,2% | | | | | |
|-----------|-----------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| | Estacionalidad | estac1 | | estac2 | | estac3 | | estac1 | | estac2 | | estac3 | | estac1 | | estac2 | | estac3 | |
| | Producción (kg) | P (kW) | PR (a) | P (kW) | PR (a) | P (kW) | PR (a) | P (kW) | PR (a) | P (kW) | PR (a) | P (kW) | PR (a) | P (kW) | PR (a) | P (kW) | PR (a) | P (kW) | PR (a) |
| Atacama | 1.000.000 | 53 | 14 | 55 | 14 | 44 | 15 | | | | | | | | | | | | |
| | 5.000.000 | 100 | 12 | 100 | 12 | 100 | 12 | 100 | 18 | 100 | 18 | 100 | 18 | | | | | | |
| | 20.000.000 | 956 | 7 | 997 | 7 | 796 | 8 | 956 | 9 | 997 | 9 | 796 | 9 | 956 | 12 | 997 | 12 | 796 | 13 |
| Coquimb | 750.705 | 43 | 14 | 45 | 14 | 36 | 15 | | | | | | | | | | | | |
| | 3.753.526 | 100 | 11 | 100 | 11 | 100 | 11 | 100 | 15 | 100 | 15 | 100 | 15 | | | | | | |
| | 15.014.105 | 780 | 7 | 819 | 7 | 669 | 8 | 780 | 9 | 819 | 8 | 669 | 9 | 780 | 12 | 819 | 11 | 669 | 14 |
| Valparaís | 1.019.070 | 59 | 12 | 61 | 12 | 46 | 13 | 59 | 20 | 61 | 19 | | | | | | | | |
| | 5.095.351 | 274 | 11 | 288 | 11 | 100 | 11 | 274 | 15 | 288 | 15 | 100 | 15 | | | | | | |
| | 20.381.403 | 1.057 | 6 | 1.111 | 6 | 866 | 7 | 1.057 | 7 | 1.111 | 7 | 866 | 8 | 1.057 | 9 | 1.111 | 9 | 866 | 10 |
| Metropol | 1.085.900 | 61 | 15 | 64 | 14 | 49 | 16 | | | | | | | | | | | | |
| | 5.429.502 | 285 | 12 | 298 | 12 | 100 | 12 | 285 | 18 | 298 | 18 | 100 | 20 | | | | | | |
| | 21.718.008 | 1.098 | 7 | 1.150 | 7 | 905 | 8 | 1.098 | 8 | 1.150 | 8 | 905 | 9 | 1.098 | 11 | 1.150 | 11 | 905 | 13 |
| O'Higgins | 1.011.870 | 57 | 13 | 60 | 13 | 45 | 14 | | | | | | | | | | | | |
| | 5.059.348 | 267 | 11 | 281 | 11 | 100 | 11 | 267 | 16 | 281 | 16 | 100 | 16 | | | | | | |
| | 20.237.390 | 1.029 | 6 | 1.084 | 6 | 849 | 7 | 1.029 | 7 | 1.084 | 7 | 849 | 8 | 1.029 | 9 | 1.084 | 9 | 849 | 11 |
| El Maule | 1.232.023 | 67 | 13 | 70 | 13 | 53 | 14 | | | | | | | | | | | | |
| | 6.160.114 | 315 | 10 | 328 | 10 | 100 | 11 | 315 | 15 | 328 | 14 | 100 | 17 | | | | | | |
| | 24.640.456 | 1.220 | 6 | 1.270 | 6 | 1.013 | 7 | 1.220 | 7 | 1.270 | 7 | 1.013 | 8 | 1.220 | 9 | 1.270 | 9 | 1.013 | 10 |
| Biobío | 360.650 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 1.803.248 | 81 | 13 | 84 | 13 | 69 | 14 | | | | | | | | | | | | |
| | 7.212.993 | 311 | 12 | 322 | 12 | 100 | 12 | 311 | 17 | 322 | 17 | 100 | 20 | | | | | | |
| Araucaní | 411.783 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 2.058.914 | 93 | 14 | 98 | 14 | 80 | 15 | | | | | | | | | | | | |
| | 8.235.657 | 358 | 12 | 378 | 12 | 312 | 14 | 358 | 19 | 378 | 19 | | | | | | | | |
| Los Ríos | 596.500 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 2.982.500 | 55 | 18 | 59 | 18 | 94 | 15 | | | | | | | | | | | | |
| | 11.930.000 | 426 | 11 | 457 | 11 | 367 | 13 | 426 | 16 | 457 | 16 | | | | | | | | |
| Los Lagos | 570.000 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 2.850.000 | 98 | 16 | 54 | 20 | 94 | 16 | | | | | | | | | | | | |
| | 11.400.000 | 377 | 13 | 421 | 12 | 366 | 14 | | | 421 | 20 | | | | | | | | |

Tabla 5. Mini eólica. Potencia y período de retorno para los casos con menor período de retorno bajo 20 años con apalancamiento. Fuente: Elaboración propia

| | ECE | 5,2% | | | | | | 0% | | | | | | -5,2% | | | | | |
|-----------|-----------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| | Estacionalidad | estac1 | | estac2 | | estac3 | | estac1 | | estac2 | | estac3 | | estac1 | | estac2 | | estac3 | |
| | Producción (kg) | P (kW) | PR (a) | P (kW) | PR (a) | P (kW) | PR (a) | P (kW) | PR (a) | P (kW) | PR (a) | P (kW) | PR (a) | P (kW) | PR (a) | P (kW) | PR (a) | P (kW) | PR (a) |
| Atacama | 1.000.000 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 5.000.000 | 100 | 18 | 100 | 18 | 100 | 18 | | | | | | | | | | | | |
| | 20.000.000 | 100 | 18 | 100 | 18 | 100 | 18 | | | | | | | | | | | | |
| Coquimb | 750.705 | 43 | 20 | 45 | 20 | | | | | | | | | | | | | | |
| | 3.753.526 | 100 | 17 | 100 | 16 | 100 | 16 | | | | | | | | | | | | |
| | 15.014.105 | 100 | 17 | 100 | 17 | 100 | 17 | | | | | | | | | | | | |
| Valparaís | 1.019.070 | 59 | 12 | 61 | 12 | 46 | 13 | | | | | | | | | | | | |
| | 5.095.351 | 100 | 11 | 100 | 11 | 100 | 11 | | | | | | | | | | | | |
| | 20.381.403 | 100 | 11 | 100 | 11 | 100 | 11 | | | | | | | | | | | | |
| Metropol | 1.085.900 | 61 | 20 | 64 | 20 | | | | | | | | | | | | | | |
| | 5.429.502 | 100 | 17 | 100 | 17 | 100 | 17 | | | | | | | | | | | | |
| | 21.718.008 | 100 | 16 | 100 | 16 | 100 | 17 | | | | | | | | | | | | |
| O'Higgins | 1.011.870 | 57 | 13 | 60 | 13 | 45 | 14 | | | | | | | | | | | | |
| | 5.059.348 | 100 | 11 | 100 | 11 | 100 | 11 | | | | | | | | | | | | |
| | 20.237.390 | 1.029 | 10 | 1.084 | 11 | 849 | 11 | | | | | | | | | | | | |
| El Maule | 1.232.023 | 67 | 13 | 70 | 13 | 53 | 14 | | | | | | | | | | | | |
| | 6.160.114 | 100 | 12 | 100 | 12 | 100 | 12 | | | | | | | | | | | | |
| | 24.640.456 | 1.220 | 10 | 1.270 | 10 | 1.013 | 10 | | | | | | | | | | | | |
| Biobío | 360.650 | 18 | 19 | 18 | 18 | 14 | 19 | | | | | | | | | | | | |
| | 1.803.248 | 81 | 13 | 84 | 12 | 69 | 13 | | | | | | | | | | | | |
| | 7.212.993 | 100 | 12 | 100 | 12 | 100 | 12 | | | | | | | | | | | | |
| Araucanía | 411.783 | 20 | 17 | 21 | 16 | 17 | 18 | | | | | | | | | | | | |
| | 2.058.914 | 93 | 11 | 98 | 11 | 80 | 12 | | | | | | | | | | | | |
| | 8.235.657 | 100 | 12 | 100 | 12 | 100 | 12 | | | | | | | | | | | | |
| Los Ríos | 596.500 | 24 | 17 | 25 | 17 | 20 | 17 | | | | | | | | | | | | |
| | 2.982.500 | 55 | 13 | 59 | 13 | 94 | 12 | | | | | | | | | | | | |
| | 11.930.000 | 100 | 11 | 100 | 11 | 100 | 11 | | | | | | | | | | | | |
| Los Lagos | 570.000 | 21 | 17 | 23 | 16 | 20 | 17 | | | | | | | | | | | | |
| | 2.850.000 | 98 | 11 | 54 | 13 | 94 | 11 | | | | | | | | | | | | |
| | 11.400.000 | 100 | 11 | 100 | 11 | 100 | 11 | | | | | | | | | | | | |

Tabla 6. Mini eólica. Potencia y período de retorno para los casos con menor período de retorno bajo 20 años sin apalancamiento. Fuente: Elaboración propia

| | ECE | 5,2% | | | | | | 0% | | | | | | -5,2% | | | | | |
|-----------|-----------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| | Estacionalidad | estac1 | | estac2 | | estac3 | | estac1 | | estac2 | | estac3 | | estac1 | | estac2 | | estac3 | |
| | Producción (kg) | P (kW) | PR (a) | P (kW) | PR (a) | P (kW) | PR (a) | P (kW) | PR (a) | P (kW) | PR (a) | P (kW) | PR (a) | P (kW) | PR (a) | P (kW) | PR (a) | P (kW) | PR (a) |
| Atacama | 1.000.000 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 5.000.000 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 20.000.000 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Coquimb | 750.705 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 3.753.526 | | 100 | 20 | 100 | 19 | 100 | 19 | | | | | | | | | | | |
| | 15.014.105 | | 390 | 20 | 100 | 20 | 100 | 20 | | | | | | | | | | | |
| Valparaís | 1.019.070 | | 59 | 16 | 61 | 16 | 46 | 17 | | | | | | | | | | | |
| | 5.095.351 | | 100 | 15 | 100 | 15 | 100 | 15 | | | | | | | | | | | |
| | 20.381.403 | | 100 | 15 | 100 | 15 | 100 | 15 | | | | | | | | | | | |
| Metropol | 1.085.900 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 5.429.502 | | 100 | 20 | 100 | 20 | 100 | 20 | | | | | | | | | | | |
| | 21.718.008 | | 100 | 19 | 100 | 19 | 100 | 20 | | | | | | | | | | | |
| O'Higgins | 1.011.870 | | 57 | 17 | 60 | 17 | 45 | 17 | | | | | | | | | | | |
| | 5.059.348 | | 100 | 15 | 100 | 15 | 100 | 15 | | | | | | | | | | | |
| | 20.237.390 | | 1.029 | 15 | 1.084 | 15 | 849 | 15 | | | | | | | | | | | |
| El Maule | 1.232.023 | | 67 | 17 | 70 | 17 | 53 | 18 | | | | | | | | | | | |
| | 6.160.114 | | 100 | 16 | 100 | 16 | 100 | 16 | | | | | | | | | | | |
| | 24.640.456 | | 1.220 | 14 | 1.270 | 14 | 1.013 | 14 | | | | | | | | | | | |
| Biobío | 360.650 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 1.803.248 | | 81 | 17 | 84 | 16 | 69 | 17 | | | | | | | | | | | |
| | 7.212.993 | | 100 | 16 | 100 | 16 | 100 | 16 | | | | | | | | | | | |
| Araucaní | 411.783 | | 20 | 20 | 21 | 20 | 17 | 20 | | | | | | | | | | | |
| | 2.058.914 | | 93 | 16 | 98 | 15 | 80 | 16 | | | | | | | | | | | |
| | 8.235.657 | | 100 | 16 | 100 | 16 | 100 | 16 | | | | | | | | | | | |
| Los Ríos | 596.500 | | 24 | 20 | 25 | 20 | 20 | 20 | | | | | | | | | | | |
| | 2.982.500 | | 55 | 17 | 59 | 17 | 94 | 16 | | | | | | | | | | | |
| | 11.930.000 | | 100 | 16 | 100 | 15 | 100 | 15 | | | | | | | | | | | |
| Los Lagos | 570.000 | | 21 | 20 | 23 | 19 | 20 | 20 | | | | | | | | | | | |
| | 2.850.000 | | 98 | 16 | 54 | 17 | 94 | 16 | | | | | | | | | | | |
| | 11.400.000 | | 100 | 15 | 100 | 15 | 100 | 15 | | | | | | | | | | | |

Tabla 7. Mini hidráulica. Potencia y período de retorno para los casos con menor período de retorno bajo 20 años con apalancamiento. Fuente: Elaboración propia

| | ECE | 5,2% | | | | | | 0% | | | | | | -5,2% | | | | | |
|-----------|-----------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| | Estacionalidad | estac1 | | estac2 | | estac3 | | estac1 | | estac2 | | estac3 | | estac1 | | estac2 | | estac3 | |
| | Producción (kg) | P (kW) | PR (a) | P (kW) | PR (a) | P (kW) | PR (a) | P (kW) | PR (a) | P (kW) | PR (a) | P (kW) | PR (a) | P (kW) | PR (a) | P (kW) | PR (a) | P (kW) | PR (a) |
| Atacama | 1.000.000 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 5.000.000 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 20.000.000 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Coquimb | 750.705 | 43 | 6 | 45 | 6 | 36 | 6 | 43 | 8 | 11 | 7 | 18 | 7 | | | | | | |
| | 3.753.526 | 100 | 6 | 100 | 6 | 100 | 6 | 100 | 8 | 100 | 7 | 100 | 7 | | | | | | |
| | 15.014.105 | 780 | 6 | 100 | 5 | 100 | 5 | 100 | 7 | 100 | 7 | 100 | 6 | | | | | 100 | 11 |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Valparaís | 1.019.070 | 59 | 5 | 61 | 5 | 46 | 5 | 59 | 7 | 61 | 7 | 12 | 6 | | | | | 12 | 11 |
| | 5.095.351 | 100 | 5 | 100 | 5 | 100 | 5 | 100 | 6 | 100 | 6 | 100 | 6 | | | | | | |
| | 20.381.403 | 1.057 | 5 | 1.111 | 5 | 866 | 5 | 1.057 | 6 | 1.111 | 5 | 866 | 6 | 1.057 | 9 | 1.111 | 8 | 100 | 8 |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Metropol | 1.085.900 | 15 | 10 | 32 | 10 | 49 | 10 | | | | | | | | | | | | |
| | 5.429.502 | 100 | 10 | 100 | 10 | 100 | 10 | | | | | | | | | | | | |
| | 21.718.008 | 1.098 | 7 | 1.150 | 7 | 905 | 9 | 1.098 | 12 | 1.150 | 12 | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| O'Higgins | 1.011.870 | 57 | 6 | 60 | 6 | 45 | 6 | 29 | 8 | 60 | 8 | 11 | 7 | | | | | | |
| | 5.059.348 | 100 | 6 | 100 | 6 | 100 | 6 | 100 | 7 | 100 | 7 | 100 | 7 | | | | | | |
| | 20.237.390 | 1.029 | 5 | 1.084 | 5 | 100 | 5 | 1.029 | 6 | 1.084 | 6 | 100 | 6 | | | | | 100 | 13 |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| El Maule | 1.232.023 | 17 | 6 | 17 | 6 | 27 | 6 | 17 | 9 | 17 | 9 | 13 | 8 | | | | | | |
| | 6.160.114 | 100 | 6 | 100 | 6 | 100 | 6 | 100 | 9 | 100 | 9 | 100 | 8 | | | | | | |
| | 24.640.456 | 1.220 | 5 | 1.270 | 5 | 1.013 | 5 | 1.220 | 6 | 1.270 | 6 | 1.013 | 7 | 1.220 | 11 | 1.270 | 10 | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Biobío | 360.650 | 18 | 6 | 5 | 5 | 7 | 5 | 9 | 7 | 18 | 7 | 4 | 6 | | | | | 4 | 10 |
| | 1.803.248 | 81 | 6 | 84 | 6 | 69 | 5 | 81 | 7 | 84 | 7 | 69 | 7 | | | | | | |
| | 7.212.993 | 100 | 5 | 100 | 5 | 100 | 5 | 100 | 7 | 100 | 7 | 100 | 6 | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Araucanía | 411.783 | 5 | 5 | 5 | 5 | 17 | 5 | 20 | 7 | 21 | 7 | 4 | 6 | | | | | 4 | 10 |
| | 2.058.914 | 93 | 5 | 98 | 5 | 80 | 5 | 93 | 7 | 98 | 7 | 20 | 6 | | | | | | |
| | 8.235.657 | 100 | 5 | 100 | 5 | 100 | 5 | 100 | 6 | 100 | 6 | 100 | 6 | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Los Ríos | 596.500 | 6 | 5 | 6 | 5 | 10 | 5 | 6 | 7 | 13 | 7 | 5 | 6 | | | | | 5 | 10 |
| | 2.982.500 | 28 | 5 | 30 | 5 | 47 | 5 | 55 | 7 | 59 | 7 | 23 | 6 | | | | | | |
| | 11.930.000 | 100 | 5 | 100 | 5 | 100 | 5 | 100 | 6 | 100 | 6 | 100 | 6 | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Los Lagos | 570.000 | 5 | 5 | 6 | 5 | 5 | 5 | 11 | 7 | 12 | 7 | 5 | 6 | | | | | 5 | 10 |
| | 2.850.000 | 98 | 6 | 27 | 5 | 23 | 5 | 98 | 7 | 54 | 7 | 23 | 6 | | | | | | |
| | 11.400.000 | 100 | 5 | 100 | 5 | 100 | 5 | 100 | 7 | 100 | 7 | 100 | 6 | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

Tabla 8. Mini hidráulica. Potencia y período de retorno para los casos con menor período de retorno bajo 20 años sin apalancamiento. Fuente: Elaboración propia

| | ECE | 5,2% | | | | | | 0% | | | | | | -5,2% | | | | | |
|-----------|-----------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| | Estacionalidad | estac1 | | estac2 | | estac3 | | estac1 | | estac2 | | estac3 | | estac1 | | estac2 | | estac3 | |
| | Producción (kg) | P (kW) | PR (a) | P (kW) | PR (a) | P (kW) | PR (a) | P (kW) | PR (a) | P (kW) | PR (a) | P (kW) | PR (a) | P (kW) | PR (a) | P (kW) | PR (a) | P (kW) | PR (a) |
| Atacama | 1.000.000 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 5.000.000 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 20.000.000 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Coquimb | 750.705 | 43 | 10 | 45 | 10 | 36 | 10 | 11 | 14 | 11 | 14 | 9 | 13 | | | | | | |
| | 3.753.526 | 100 | 10 | 100 | 10 | 100 | 10 | 100 | 14 | 100 | 14 | 100 | 14 | | | | | | |
| | 15.014.105 | 100 | 10 | 100 | 10 | 100 | 9 | 100 | 13 | 100 | 13 | 100 | 12 | | | | | | |
| Valparaís | 1.019.070 | 15 | 9 | 61 | 9 | 46 | 9 | 59 | 13 | 61 | 13 | 12 | 12 | | | | | | |
| | 5.095.351 | 100 | 9 | 100 | 9 | 100 | 9 | 100 | 12 | 100 | 12 | 100 | 12 | | | | | | |
| | 20.381.403 | 1.057 | 9 | 1.111 | 8 | 866 | 9 | 1.057 | 11 | 1.111 | 11 | 100 | 11 | | | | | | |
| Metropol | 1.085.900 | 61 | 15 | 16 | 14 | 12 | 14 | | | | | | | | | | | | |
| | 5.429.502 | 100 | 14 | 100 | 14 | 100 | 14 | | | | | | | | | | | | |
| | 21.718.008 | 1.098 | 12 | 1.150 | 12 | 905 | 13 | 1.098 | 20 | 1.150 | 19 | | | | | | | | |
| O'Higgins | 1.011.870 | 57 | 10 | 60 | 10 | 45 | 10 | 14 | 14 | 15 | 14 | 11 | 13 | | | | | | |
| | 5.059.348 | 100 | 10 | 100 | 10 | 100 | 10 | 100 | 14 | 100 | 14 | 100 | 14 | | | | | | |
| | 20.237.390 | 1.029 | 9 | 1.084 | 9 | 100 | 9 | 1.029 | 12 | 1.084 | 12 | 100 | 12 | | | | | | |
| El Maule | 1.232.023 | 67 | 11 | 70 | 11 | 53 | 11 | 17 | 16 | 17 | 16 | 13 | 15 | | | | | | |
| | 6.160.114 | 100 | 11 | 100 | 11 | 100 | 10 | 100 | 16 | 100 | 16 | 100 | 15 | | | | | | |
| | 24.640.456 | 1.220 | 9 | 1.270 | 9 | 1.013 | 10 | 1.220 | 12 | 1.270 | 12 | 1.013 | 13 | | | | | | |
| Biobío | 360.650 | 18 | 10 | 18 | 10 | 4 | 9 | 4 | 13 | 5 | 13 | 4 | 12 | | | | | | |
| | 1.803.248 | 81 | 10 | 84 | 10 | 17 | 9 | 20 | 13 | 84 | 13 | 69 | 13 | | | | | | |
| | 7.212.993 | 100 | 10 | 100 | 9 | 100 | 9 | 100 | 13 | 100 | 13 | 100 | 12 | | | | | | |
| Araucaní | 411.783 | 20 | 10 | 21 | 10 | 8 | 9 | 5 | 13 | 11 | 13 | 4 | 12 | | | | | | |
| | 2.058.914 | 93 | 9 | 98 | 9 | 80 | 9 | 93 | 13 | 98 | 13 | 20 | 12 | | | | | | |
| | 8.235.657 | 100 | 9 | 100 | 9 | 100 | 9 | 100 | 13 | 100 | 12 | 100 | 12 | | | | | | |
| Los Ríos | 596.500 | 24 | 10 | 25 | 10 | 5 | 9 | 6 | 13 | 6 | 13 | 5 | 12 | | | | | | |
| | 2.982.500 | 55 | 10 | 59 | 10 | 23 | 9 | 28 | 13 | 30 | 13 | 23 | 12 | | | | | | |
| | 11.930.000 | 23 | 9 | 23 | 9 | 23 | 9 | 23 | 13 | 23 | 12 | 23 | 12 | | | | | | |
| Los Lagos | 570.000 | 94 | 10 | 94 | 10 | 23 | 9 | 23 | 13 | 23 | 13 | 23 | 12 | | | | | | |
| | 2.850.000 | 94 | 10 | 47 | 10 | 23 | 9 | 23 | 13 | 23 | 13 | 23 | 12 | | | | | | |
| | 11.400.000 | 23 | 9 | 23 | 9 | 23 | 9 | 23 | 13 | 23 | 13 | 23 | 12 | | | | | | |

Tabla 9. Refrigeración con agua freática. Potencia y período de retorno para los casos de mayor tamaño con período de retorno bajo 10 años con apalancamiento.
Fuente: Elaboración propia

| | ECE | 5,2% | | | | | | 0% | | | | | | -5,2% | | | | | |
|------------|-----------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| | Estacionalidad | estac1 | | estac2 | | estac3 | | estac1 | | estac2 | | estac3 | | estac1 | | estac2 | | estac3 | |
| | Producción (kg) | P (kW) | PR (a) | P (kW) | PR (a) | P (kW) | PR (a) | P (kW) | PR (a) | P (kW) | PR (a) | P (kW) | PR (a) | P (kW) | PR (a) | P (kW) | PR (a) | P (kW) | PR (a) |
| Atacama | 1.000.000 | 53 | 6 | 55 | 6 | 44 | 5 | 53 | 7 | 55 | 8 | 44 | 5 | | | | | 44 | 8 |
| | 5.000.000 | 248 | 5 | 259 | 5 | 206 | 4 | 248 | 5 | 259 | 6 | 206 | 5 | 248 | 8 | 259 | 10 | 206 | 6 |
| | 20.000.000 | 956 | 4 | 997 | 4 | 796 | 3 | 956 | 4 | 997 | 4 | 796 | 4 | 956 | 5 | 997 | 5 | 796 | 4 |
| Coquimb | 750.705 | 43 | 6 | 45 | 6 | 36 | 5 | 43 | 9 | 45 | 9 | 36 | 6 | | | | | | |
| | 3.753.526 | 201 | 5 | 211 | 5 | 172 | 5 | 201 | 7 | 211 | 7 | 172 | 6 | | | | | 172 | 9 |
| | 15.014.105 | 780 | 4 | 819 | 4 | 669 | 4 | 780 | 5 | 819 | 5 | 669 | 4 | 780 | 6 | 819 | 6 | 669 | 5 |
| Valparaíso | 1.019.070 | | | | | 46 | 9 | | | | | | | | | | | | |
| | 5.095.351 | 274 | 9 | 288 | 10 | 221 | 8 | | | | | | | | | | | | |
| | 20.381.403 | 1.057 | 7 | 1.111 | 7 | 866 | 6 | 1.057 | 10 | 1.111 | 10 | 866 | 9 | | | | | | |
| Metropol | 1.085.900 | 61 | 9 | 64 | 9 | 49 | 7 | | | | | 232 | 10 | | | | | | |
| | 5.429.502 | 285 | 7 | 298 | 7 | 232 | 7 | | | | | 232 | 10 | | | | | | |
| | 21.718.008 | 1.098 | 5 | 1.150 | 5 | 905 | 5 | 1.098 | 6 | 1.150 | 7 | 905 | 6 | | | | | | |
| O'Higgins | 1.011.870 | 57 | 9 | 60 | 10 | 45 | 7 | | | | | | | | | | | | |
| | 5.059.348 | 267 | 7 | 281 | 8 | 217 | 7 | | | | | 217 | 10 | | | | | | |
| | 20.237.390 | 1.029 | 5 | 1.084 | 6 | 849 | 5 | 1.029 | 7 | 1.084 | 7 | 849 | 6 | | | | | | |
| El Maule | 1.232.023 | 67 | 7 | 70 | 8 | 53 | 7 | | | | | 53 | 10 | | | | | | |
| | 6.160.114 | 315 | 6 | 328 | 6 | 258 | 6 | 315 | 8 | 328 | 9 | 258 | 8 | | | | | | |
| | 24.640.456 | 1.220 | 5 | 1.270 | 5 | 1.013 | 5 | 1.220 | 5 | 1.270 | 5 | 1.013 | 5 | 1.220 | 7 | 1.270 | 8 | 1.013 | 8 |
| Biobío | 360.650 | 18 | 7 | 18 | 8 | 14 | 6 | | | | | 14 | 9 | | | | | | |
| | 1.803.248 | 81 | 7 | 84 | 7 | 69 | 6 | 81 | 10 | | | 69 | 8 | | | | | | |
| | 7.212.993 | 311 | 6 | 322 | 6 | 268 | 5 | 311 | 7 | 322 | 7 | 268 | 7 | | | | | | |
| Araucanía | 411.783 | 20 | 8 | 21 | 9 | 17 | 7 | | | | | | | | | | | | |
| | 2.058.914 | 93 | 7 | 98 | 8 | 80 | 7 | | | | | | | | | | | | |
| | 8.235.657 | 358 | 6 | 378 | 6 | 312 | 6 | 358 | 8 | 378 | 9 | 312 | 8 | | | | | | |
| Los Ríos | 596.500 | 24 | 6 | 25 | 6 | 20 | 5 | 24 | 8 | 25 | 9 | 20 | 7 | | | | | 20 | 5 |
| | 2.982.500 | 111 | 5 | 118 | 6 | 94 | 5 | 111 | 7 | 118 | 8 | 94 | 6 | | | | | | |
| | 11.930.000 | 426 | 4 | 457 | 5 | 367 | 4 | 426 | 5 | 457 | 5 | 367 | 5 | 426 | 7 | 457 | 8 | 367 | 7 |
| Los Lagos | 570.000 | 21 | 6 | 23 | 6 | 20 | 5 | 21 | 7 | 23 | 8 | 20 | 6 | | | | | | |
| | 2.850.000 | 98 | 5 | 109 | 5 | 94 | 5 | 98 | 6 | 109 | 7 | 94 | 6 | | | | | | |
| | 11.400.000 | 377 | 4 | 421 | 4 | 366 | 4 | 377 | 5 | 421 | 5 | 366 | 5 | 377 | 6 | 421 | 7 | 366 | 6 |

Tabla 10. Refrigeración con agua freática. Potencia y período de retorno para los casos de mayor tamaño con período de retorno bajo 10 años sin apalancamiento.
Fuente: Elaboración propia

| | ECE | 5,2% | | | | | | 0% | | | | | | -5,2% | | | | | |
|---------------|-----------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| | Estacionalidad | estac1 | | estac2 | | estac3 | | estac1 | | estac2 | | estac3 | | estac1 | | estac2 | | estac3 | |
| | Producción (kg) | P (kW) | PR (a) | P (kW) | PR (a) | P (kW) | PR (a) | P (kW) | PR (a) | P (kW) | PR (a) | P (kW) | PR (a) | P (kW) | PR (a) | P (kW) | PR (a) | P (kW) | PR (a) |
| Atacama | 1.000.000 | 53 | 10 | 55 | 10 | 44 | 8 | | | | | | | | | | | | |
| | 5.000.000 | 248 | 8 | 259 | 9 | 206 | 8 | | | | | 206 | 9 | | | | | | |
| | 20.000.000 | 956 | 7 | 997 | 7 | 796 | 6 | 956 | 8 | 997 | 9 | 796 | 7 | | | | | 796 | 10 |
| Coquimbo | 750.705 | 43 | 10 | | | 36 | 9 | | | | | | | | | | | | |
| | 3.753.526 | 201 | 9 | 211 | 10 | 172 | 9 | | | | | | | | | | | | |
| | 15.014.105 | 780 | 8 | 819 | 8 | 669 | 7 | 780 | 10 | 819 | 10 | 669 | 9 | | | | | | |
| Valparaíso | 1.019.070 | 59 | 16 | 61 | 16 | | | | | | | | | | | | | | |
| | 5.095.351 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 20.381.403 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Metropolitano | 1.085.900 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 5.429.502 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 21.718.008 | 1.098 | 9 | 1.150 | 9 | 905 | 9 | | | | | | | | | | | | |
| O'Higgins | 1.011.870 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 5.059.348 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 20.237.390 | 1.029 | 9 | 1.084 | 10 | 849 | 9 | | | | | | | | | | | | |
| El Maule | 1.232.023 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 6.160.114 | 315 | 10 | | | 258 | 10 | | | | | | | | | | | | |
| | 24.640.456 | 1.220 | 8 | 1.270 | 8 | 1.013 | 8 | | | | | | | | | | | | |
| Biobío | 360.650 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 1.803.248 | | | | | 69 | 10 | | | | | | | | | | | | |
| | 7.212.993 | 311 | 10 | 322 | 10 | 268 | 9 | | | | | | | | | | | | |
| Araucanía | 411.783 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 2.058.914 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 8.235.657 | 358 | 10 | 378 | 10 | 312 | 10 | | | | | | | | | | | | |
| Los Ríos | 596.500 | 24 | 10 | | | 20 | 10 | | | | | | | | | | | | |
| | 2.982.500 | 111 | 9 | 118 | 10 | 94 | 9 | | | | | | | | | | | | |
| | 11.930.000 | 426 | 8 | 457 | 8 | 367 | 8 | 426 | 10 | | | 367 | 10 | | | | | | |
| Los Lagos | 570.000 | 21 | 10 | 23 | 10 | 20 | 9 | | | | | | | | | | | | |
| | 2.850.000 | 98 | 9 | 109 | 9 | 94 | 9 | | | | | | | | | | | | |
| | 11.400.000 | 377 | 8 | 421 | 8 | 366 | 8 | 377 | 10 | 421 | 10 | 366 | 10 | | | | | | |

1.8.4. Interpretación de resultados

A continuación se diserta sobre los resultados para interpretar y comprender las dinámicas observadas. Se acompaña de miniaturas de las tablas de resultados para facilitar e ilustrar la lectura.

1.8.4.1. Solar Fotovoltaica

Los sistemas fotovoltaicos presentan una clara afectación de los distintos marcos legales que regulan su conexión a red, tal como se puede observar por los saltos de sistemas bajo 100kW a sistemas sobre los 300KW (muy poco rentables) y finalmente sistemas alrededor del 1MW, ahí si ya atractivos económicamente. Este hecho tiene una estrecha relación también con el tamaño de los Packing, pues las operaciones bajo el marco PMGD presentan gran dependencia de la demanda, a parte de la potencia de conexión, dado que requieren autoconsumo para su rentabilización.

Los sistemas bajo los 100kW no arrojan buenos resultados, con períodos de retorno generalizados por sobre los 12 años en todo el país, a pesar de sus buenas condiciones de inyección. Esto se debe a los altos costos de inversión y mantenimiento de los sistemas de pequeña potencia, pues los resultados mejoran al acercarse a los 100kW. Si consideramos apalancamiento financiero, estos resultados bajan por debajo de los 10 años incluso con escenarios de estancamiento del precio de la electricidad.

Por encima de este nivel, los sistemas medianos, entre 200kW y 300kW, sólo arrojan retornos bajo los 10 años con apalancamiento financiero y para escenarios favorables de evolución del precio de la electricidad, a consecuencia de los altos costos de los PMGD y del requerimiento de autoconsumo que este conlleva para lograr rentabilidad, lo que acota también el tamaño de la planta, más allá de la potencia evacuable.

En el rango del 1MW bajo PMGD para Packings de gran tamaño es dónde se encuentra las oportunidades de gran rentabilidad, con retornos entre los 3 y los 6 años en función del apalancamiento, pero con muy baja afectación de la evolución del precio de la electricidad, llegando a mantener retornos sobre los 10 años para escenarios de reducción del precio de la misma.

Es interesante observar la dependencia mayor con la demanda que con el recurso solar para los proyectos PMGD, pues el autoconsumo aumenta mucho los ingresos y por lo tanto la rentabilidad.

Importante también destacar el impacto del apalancamiento que puede aumentar en 2-4 años el período de retorno para elevados incrementos del costo de la energía, pero hasta 10 años en escenarios de decrecimiento.

Con todo, podemos concluir que la solar fotovoltaica es recomendable con buena rentabilidad y períodos de retorno bajo los 10 años tanto para proyectos de menos de 100kW para Packings pequeños, así como para proyectos PMGD sobre los 300KW para packings medianos y grandes, siempre que se apalanque la inversión. En caso contrario, solo son rentables proyectos del orden del 1MW para packings de gran tamaño.

1.8.4.2. *Mini eólica*

En la mini eólica se observa de forma incluso más extrema el salto entre la Ley 20.751 y los PMGD: Los sistemas con rentabilidades razonables saltan de los 100kW al 1MW sin apenas nada en el camino. Aun así los números son bastante peores que los de la fotovoltaica, pues solo existen opciones con retornos de 10 años para sistemas sobre el 1MW. Esto se debe a la baja competitividad de esta tecnología a baja escala: altos costos de inversión y mantenimiento a pesar de tener buenos factores de planta, que sólo se compensan con muy altos costos de la electricidad, principalmente en sistemas aislados.

Lo dicho hasta el momento se refiere a escenarios apalancados y con evoluciones positivas del costo de la electricidad, mas no hay visos de rentabilidad para otros escenarios de evolución del costo de la electricidad o con autofinanciamiento de las inversiones.

Como en el caso anterior, el PMGD obtiene su rentabilidad de la demanda y de su continuidad, que encontramos en Maule y O'Higgins, independientemente del recurso.

Con todo podemos concluir que la mini eólica no es una tecnología adecuada para los packing, excepto en casos puntuales con potencias cercanas al 1MW siempre y cuando se logre financiamiento para ello.

1.8.4.3. *Mini hidráulica*

Como la eólica, la mini hidro es muy sensible a la evolución del costo de la electricidad, llegando a ser inviable en cualquier caso para evoluciones negativas del costo de la energía sin apalancamiento, pero en general los resultados arrojan opciones viables en casi todo el país, excepto Atacama.

Con respecto a las potencias de los sistemas ocurre lo mismo que con las anteriores, de 100kW a 1MW, pero con la salvedad que sí que existen sistemas rentables para potencias muy pequeñas, incluso bajo los 10kW, debido a que existe tecnología optimizadas para estas aplicaciones.

Como se puede observar, las plantas viables en PMGD van asociadas a grandes demandas con buena estacionalidad.

El efecto del apalancamiento es también muy importante para viabilizar las operaciones.

Debemos destacar que los resultados hacen referencia a un recurso teórico con un régimen de aguas correspondiente a la Región, pero que debe existir dicho recurso en los alrededores del Packing.

Así pues, en el caso que exista dicho recurso será posible encontrar intervenciones rentables des de los 5kW al 1MW, lo que hace recomendable esta tecnología en los Packing.

1.8.4.4. *Solar Térmica*

Los resultados para la solar térmica en el sector del packing son de inviabilidad financiera. Esto se debe a varios factores.

Primeramente hay una cuestión de **tamaño**. La demanda de calor en forma de agua caliente es baja, lo que arroja dimensionados pequeños. Por ejemplo en Atacama, para un aporte solar del 60% en un Packing grande, estaríamos hablando de 18m². El caso más grande lo encontramos en el Maule, con 135m² para las mismas condiciones. Estos sistemas presentan costos específicos de inversión y mantenimiento muy elevados, lo que afecta mucho a su rentabilidad.

Por otra parte se identifica el tema de la **estacionalidad**. Así como las renovables eléctricas dependen sólo parcialmente del autoconsumo, pues pueden inyectar su excedente a la red a la misma tarifa (Ley 20.571) o a una menor pero garantizada (PMGD) aun cuando no hay consumo alguno, en el caso de las renovables térmicas sólo si hay demanda se puede “inyectar”. La acumulación de calor en estas escalas tiene una cobertura horaria, no estacional, por lo que se cubre el desfase horario, pero no el estacional. Esto hace la amortización de estas inversiones se alarguen a raíz de los meses de no operación, fenómeno que, además no es proporcional en tiempo si no afectado por la distribución estacional de la producción solar, muy excéntrica.

Finalmente se añade a todo esto que los Packings con mayor consumo de calor se encuentran en el centro sur, siendo los del norte los que tienen requerimientos más pequeños, con lo que el recurso solar se distribuye inverso a la demanda

Tabla 11. Tamaño de sistemas solares térmicos para Packings medianos con aporte solar 60%. Fuente: Elaboración propia

| Región | Tamaño SST (m2) |
|---------------|-----------------|
| Araucanía | 13 |
| Atacama | 5 |
| Biobío | 6 |
| Coquimbo | 12 |
| El Maule | 34 |
| Los Lagos | 3 |
| Los Ríos | 5 |
| Metropolitana | 16 |
| O'Higgins | 17 |
| Valparaíso | 10 |

1.8.4.5. Refrigeración con agua freática

Tal como se observa en los resultados del análisis con apalancamiento financiero, la modificación del sistema de refrigeración con condensación por agua freática, tiene sentido en todos los casos con climas más o menos cálidos, desde Atacama hasta el Maule, sin embargo, los climas más extremos benefician las ganancias térmicas y por ende los periodos de retorno.

Cabe destacar que estos resultados no se ven afectados prácticamente por la estacionalidad y que, a pesar de ser sensibles a la evolución del precio de la electricidad, ésta empeora pero no inviabiliza las operaciones en los casos con apalancamiento, aunque sí que lo hace para casos autofinanciados con evolución negativa del costo de la electricidad.

Por todo ello podríamos concluir que se trata de una intervención muy interesante y robusta, recomendable a todos los Packing de gran capacidad, mientras mayor el tamaño, más rápida la recuperación por las economías de escala.

1.8.4.6. Cogeneración con biodigestión

Los resultados para la Cogeneración con Biodigestión en el sector del packing son de inviabilidad financiera. Esto se debe a varios factores.

En primer lugar es importante comprender que la cogeneración logra su rentabilidad gracias precisamente al aprovechamiento simultáneo de calor de proceso y electricidad, requiriéndose

unas condiciones muy especiales para que un sistema sea rentable sin el aprovechamiento del calor, como sería el hecho que la electricidad fuera muy costos, pero no es el caso.

Los cálculos realizados para sistemas dimensionados para la demanda eléctrica, muestran que los sistemas no se rentabilizan en ningún caso por debajo de los 25 años, esto debido a que cerca del 90% del calor producido se pierde (no se utiliza para ningún fin).

Lo mismo ocurre con los sistemas dimensionados para la demanda térmica (en que se consume todo lo producido de calor y de electricidad), no se encontraron casos con rentabilidad inferior a 25 años.

Esto se explica en la cuestión del **tamaño**, tal como ocurre con los sistemas solares térmicos. La demanda de calor en forma de agua caliente es baja, lo que arroja dimensionados pequeños que comportan costos específicos de inversión y mantenimiento muy elevados, lo que afecta mucho a su rentabilidad.

Por otra parte se da también el problema de la **estacionalidad**, pues a pesar que la valorización de la generación eléctrica depende sólo parcialmente del autoconsumo, pues pueden inyectar su excedente a la red a la misma tarifa (Ley 20.571) o a una menor pero garantizada (PMGD) aun cuando no hay consumo alguno, el calor, y por lo tanto la operación, sí que está afectado de dicha estacionalidad de la demanda.

La acumulación de calor en estas escalas tiene una cobertura horaria, no estacional, por lo que se cubre el desfase horario, pero no el estacional. Esto hace la amortización de estas inversiones se alarguen a raíz de los meses de no operación.

1.9. De las oportunidades de incorporación de medidas de EE

Se proponen 42 medidas de eficiencia energética en equipos y procesos, que se resumen con sus principales indicadores técnicos y financieros.

A continuación se presentan las mismas mejoras pero ordenadas por importancia relativa en el ahorro total.

Tabla 1.12. Resumen de mejoras de eficiencia energética según la importancia de su ahorro. Fuente: Elaboración propia

| # | Descripción Medida (rankeadas) | Ahorro Relativo | Ahorro Absoluto |
|----|---|-----------------|-----------------|
| 41 | Aplicación de filtros para reducir distorsión de armónicos | 20,0% | 17,0% |
| 13 | Control programado de ventiladores y extractores | 30,0% | 11,4% |
| 16 | Monitorización carga refrigerante | 10,0% | 3,8% |
| 10 | Sistema de gestión energética global | 3,0% | 3,0% |
| 11 | Monitorización de eficiencia | 3,0% | 3,0% |
| 27 | Instalación de variadores de velocidad (VSD) | 20,0% | 2,4% |
| 21 | Aislación de apropiada de la caldera | 15,0% | 2,2% |
| 4 | Reemplazar iluminación incandescente por lámparas fluorescentes compactas (CFL) | 65,0% | 2,2% |
| 9 | Implementación de lámparas LED | 60,0% | 2,0% |
| 23 | Purgadores automáticos en condensadores | 5,0% | 1,9% |
| 24 | Correcto dimensionamiento de sistemas de ventilación-refrigeración | 5,0% | 1,9% |
| 42 | Compensación del factor de potencia | 2,0% | 1,7% |
| 1 | Climatización pasiva de edificio | 20,0% | 1,5% |
| 20 | Mantenimiento regular de la caldera | 10,0% | 1,5% |

| # | Descripción Medida (rankeadas) | Ahorro Relativo | Ahorro Absoluto |
|----|--|-----------------|-----------------|
| 19 | Caldera correctamente dimensionada | 8,0% | 1,2% |
| 31 | Reparación de fugas | 20,0% | 1,2% |
| 38 | Recuperación de calor para calentar agua | 20,0% | 1,2% |
| 12 | Alarma de puertas abiertas, aislación de puertas y ventanas | 15,0% | 1,2% |
| 15 | Monitorización filtros en línea de succión | 3,0% | 1,1% |
| 17 | Sistema de control para compresores | 3,0% | 1,1% |
| 28 | Mantenimiento y monitoreo | 8,0% | 1,0% |
| 30 | Mantenimiento y monitoreo | 15,0% | 0,9% |
| 33 | Reducción del uso de aire comprimido | 15,0% | 0,9% |
| 36 | Controlar la velocidad de motores | 15,0% | 0,9% |
| 26 | Instalación de motores de alta eficiencia | 7,0% | 0,8% |
| 14 | Monitorización contaminantes en refrigerantes | 2,0% | 0,8% |
| 34 | Implementación de sistema de control | 12,0% | 0,7% |
| 7 | Reemplazar lámparas HID por tubos T-5 | 20,0% | 0,7% |
| 25 | Revisión del dimensionamiento adecuado de motores | 5,0% | 0,6% |
| 6 | Cambiar tubos fluorescentes por versiones más eficientes | 15,0% | 0,5% |
| 29 | Reemplazar las correas de distribución | 4,0% | 0,5% |
| 40 | Reducción de las descargas de aire comprimido | 8,0% | 0,5% |
| 2 | Instalación de sistemas de iluminación natural | 14,0% | 0,5% |
| 3 | Instalación de sistemas de control automático de alumbrado | 10,0% | 0,3% |
| 5 | Reemplazar los balasto magnéticos por electrónicos | 8,0% | 0,3% |
| 39 | Reemplazo de correas de distribución | 4,0% | 0,2% |
| 32 | Reducir la caída de presión | 3,0% | 0,2% |
| 37 | Correcto dimensionamiento de tuberías | 3,0% | 0,2% |
| 8 | Reemplazar las luces de mercurio por luces de sodio alta presión | 4,0% | 0,1% |
| 35 | Reducción de la temperatura de entrada al compresor | 2,0% | 0,1% |
| 18 | Control de potencia de luminarias | 0,0% | 0,0% |
| 22 | Cambio de caldera diésel por gas licuado de petróleo | 0,0% | 0,0% |

Finalmente, a modo ilustrativo, se presentan todas las medidas y ahorros de forma gráfica.

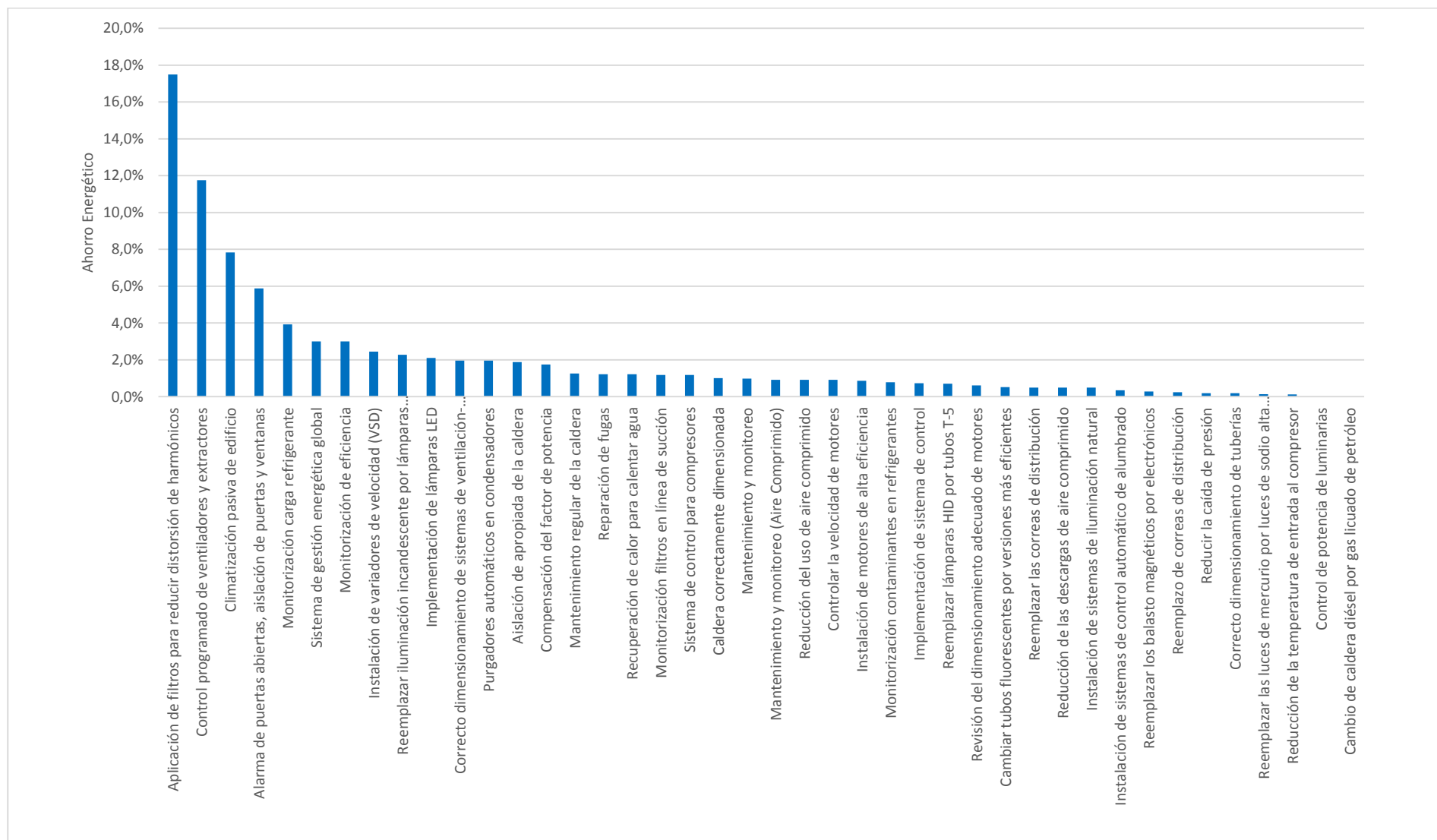


Ilustración 14. Distribución de importancia en el ahorro de las mejoras de eficiencia energética

Se presentan a continuación las medidas anteriores ordenadas por ahorro económico específico anual (CLP/Tn/año), así como unos valores de período de retorno, que deben ser considerados orientativos pues no han sido calculados si no obtenidos de bibliografía, incluyendo fuentes diversas de diversos países del mundo.

Tabla 13. Indicadores económicos de las medidas de eficiencia energética¹⁰

| # | Descripción Medida (rankeadas) | Ahorro Relativo de energía | Ahorro económico específico (CLP/Tn) | Período de retorno aproximado (años) |
|----|---|----------------------------|--------------------------------------|--------------------------------------|
| 41 | Aplicación de filtros para reducir distorsión de armónicos | 20,0% | 1.558 | ND ¹¹ |
| 13 | Control programado de ventiladores y extractores | 30,0% | 1.046 | ND |
| 1 | Climatización pasiva de edificio | 20,0% | 698 | ND |
| 12 | Alarma de puertas abiertas, aislación de puertas y ventanas | 15,0% | 523 | 0,1 |
| 16 | Monitorización carga refrigerante | 10,0% | 349 | 0,5 |
| 10 | Sistema de gestión energética global | 3,0% | 249 | 0,9 |
| 11 | Monitorización de eficiencia | 3,0% | 249 | 3,2 |
| 27 | Instalación de variadores de velocidad (VSD) | 20,0% | 218 | 2,0 |
| 4 | Reemplazar iluminación incandescente por lámparas fluorescentes compactas (CFL) | 65,0% | 202 | 1,3 |
| 9 | Implementación de lámparas LED | 60,0% | 187 | ND |
| 24 | Correcto dimensionamiento de sistemas de ventilación-refrigeración | 5,0% | 174 | 0,8 |
| 23 | Purgadores automáticos en condensadores | 5,0% | 174 | 4,8 |
| 42 | Compensación del factor de potencia | 2,0% | 156 | 1,5 |
| 31 | Reparación de fugas | 20,0% | 109 | ND |
| 38 | Recuperación de calor para calentar agua | 20,0% | 109 | ND |
| 15 | Monitorización filtros en línea de succión | 3,0% | 105 | 0,1 |
| 17 | Sistema de control para compresores | 3,0% | 105 | 6,8 |
| 28 | Mantenimiento y monitoreo | 8,0% | 87 | 0,7 |
| 30 | Mantenimiento y monitoreo (Aire Comprimido) | 15,0% | 82 | ND |
| 33 | Reducción del uso de aire comprimido | 15,0% | 82 | ND |
| 36 | Controlar la velocidad de motores | 15,0% | 82 | ND |
| 26 | Instalación de motores de alta eficiencia | 7,0% | 76 | 2,3 |
| 21 | Aislación de apropiada de la caldera | 15,0% | 76 | 1,0 |
| 14 | Monitorización contaminantes en refrigerantes | 2,0% | 70 | 0,8 |
| 34 | Implementación de sistema de control | 12,0% | 65 | ND |
| 7 | Reemplazar lámparas HID por tubos T-5 | 20,0% | 62 | 1,1 |
| 25 | Revisión del dimensionamiento adecuado de motores | 5,0% | 55 | 0,8 |
| 20 | Mantenimiento regular de la caldera | 10,0% | 50 | 0,7 |
| 6 | Cambiar tubos fluorescentes por versiones más eficientes | 15,0% | 47 | 1,7 |
| 29 | Reemplazar las correas de distribución | 4,0% | 44 | 0,7 |

¹⁰ Análisis ejemplo de los ahorros económicos por volumen de fruta procesada para un Packing grande en el Maule con un volumen de procesamiento de 23.123 Tn/año.

¹¹ No hay Datos

| # | Descripción Medida (rankeadas) | Ahorro Relativo de energía | Ahorro económico específico (CLP/Tn) | Período de retorno aproximado (años) |
|----|--|----------------------------|--------------------------------------|--------------------------------------|
| 40 | Reducción de las descargas de aire comprimido | 8,0% | 44 | ND |
| 2 | Instalación de sistemas de iluminación natural | 14,0% | 44 | 4,0 |
| 19 | Caldera correctamente dimensionada | 8,0% | 40 | 3,0 |
| 3 | Instalación de sistemas de control automático de alumbrado | 10,0% | 31 | 1,0 |
| 5 | Reemplazar los balasto magnéticos por electrónicos | 8,0% | 25 | 0,8 |
| 39 | Reemplazo de correas de distribución | 4,0% | 22 | ND |
| 32 | Reducir la caída de presión | 3,0% | 16 | ND |
| 37 | Correcto dimensionamiento de tuberías | 3,0% | 16 | ND |
| 8 | Reemplazar las luces de mercurio por luces de sodio alta presión | 4,0% | 12 | 0,7 |
| 35 | Reducción de la temperatura de entrada al compresor | 2,0% | 11 | ND |
| 18 | Control de potencia de luminarias | 0,0% | 0 | ND |
| 22 | Cambio de caldera diésel por gas licuado de petróleo | 0,0% | 0 | ND |

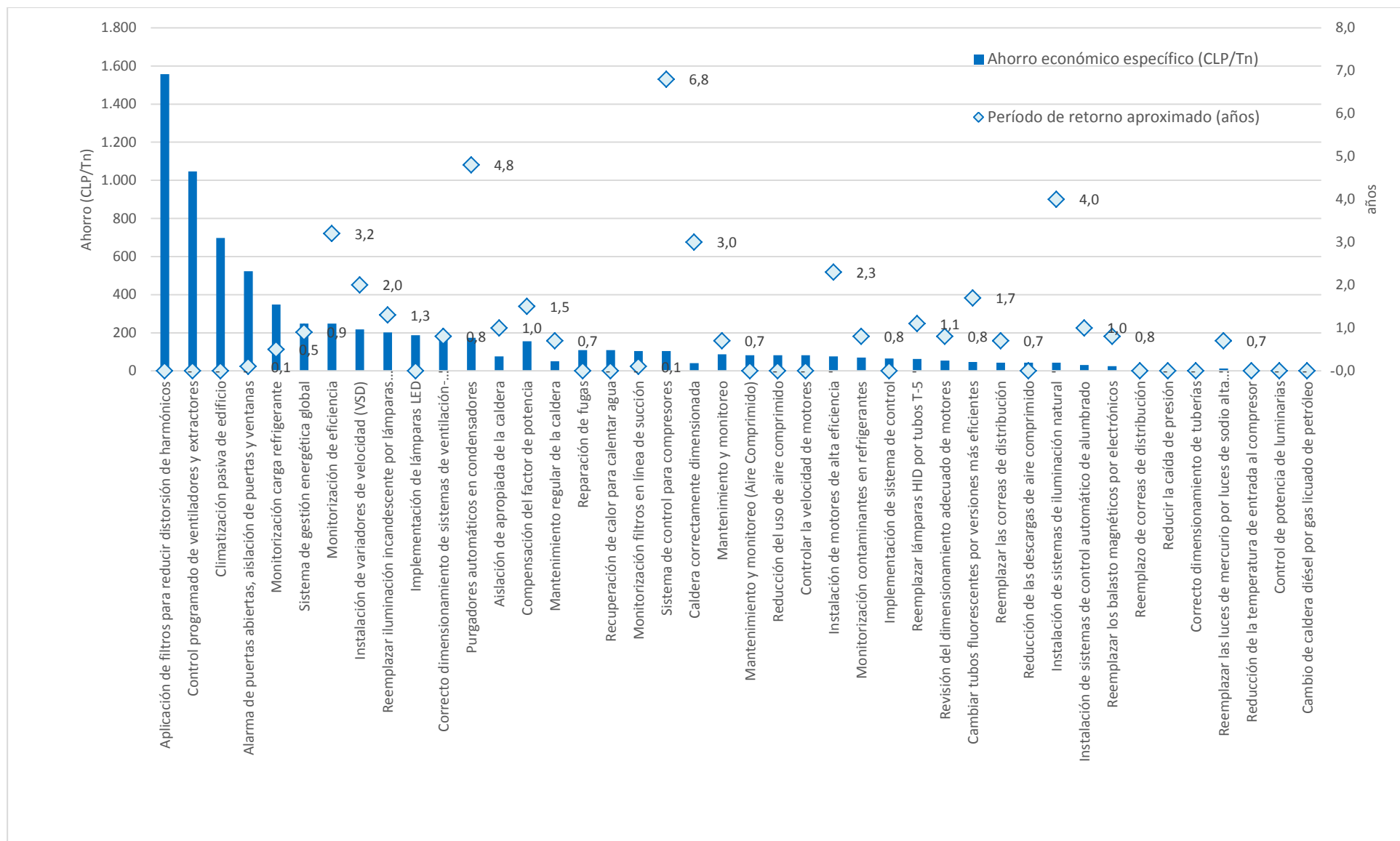


Ilustración 15. Indicadores económicos de las medidas de eficiencia energética

1.10. Recomendaciones de actuación

1.10.1. Intervenciones Técnicas

Como primer punto de estas recomendaciones, se debe destacar que el bajo volumen y alta estacionalidad de las demandas de calor en la industria del Packing hace poco recomendable invertir en tecnologías renovables para ello, como la solar térmica o la cogeneración con biodigestión de residuos.

Dicho esto y centrando la reflexión en la intervenciones de índole eléctrico y de refrigeración, se debe tener en cuenta el nivel de interacción de las distintas medidas y entender las potenciales afectaciones mutuas entre ellas. En este sentido destacar:

- A. Las renovables eléctricas compiten por el autoconsumo o por la capacidad de evacuación y sus costos mejoran con la potencia, por lo que se recomienda invertir en una única tecnología en su tamaño máximo, en lugar de diversificar fuentes.
- B. La salvedad a la afirmación anterior la representa la posibilidad de hacer dos instalaciones en el marco de la Ley 20.571, pues sus condiciones de inyección hacen que no exista competencia por la demanda real del Packing, cuando esto sea posible por existir dos puntos de conexión y capacidad técnica de evacuación.
- C. Las intervenciones presentes o futuras de eficiencia energética u otras que puedan reducir el consumo eléctrico, deben tomarse en cuenta en el dimensionado de los sistemas ENRC excepto cuando éstas últimas se desarrollen al amparo de la Ley 20.571, dado que por su naturaleza no se prevé afectación en la rentabilidad de las inversiones.

En lo referente a eficiencia energética, independientemente de la región y del tamaño del Packing se recomienda evaluar y llevar a cabo actuaciones como las siguientes:

- Aplicación de filtros para reducir distorsión de armónicos
- Control programado de ventiladores y extractores
- Sistema de gestión energética global
- Monitorización de eficiencia
- Instalación de variadores de velocidad (VSD)
- Aislación de apropiada de la caldera
- Implementación de lámparas LED
- Purgadores automáticos en condensadores
- Correcto dimensionamiento de sistemas de ventilación-refrigeración
- Compensación del factor de potencia
- Climatización pasiva de edificio
- Mantenimiento regular de la caldera
- Caldera correctamente dimensionada
- Reparación de fugas
- Recuperación de calor de compresores para calentar agua
- Alarma de puertas abiertas, aislamiento de puertas y ventanas
- Sistema de control para compresores

En lo referente a la integración de renovables en base a la visualización de la Tabla 113, se recomienda lo siguiente

- Modificar los sistemas de climatización incorporando condensación por agua freática para Packings por encima de los 15.000Tn de Atacama a El Maule, pues se trata de una intervención muy interesante y robusta frente a las variaciones de condiciones financieras
- Al norte del Bío Bío, se recomienda la instalación sistemas fotovoltaicos para Packings grandes, bajo esquema PMGD y comparar fotovoltaica y la mini hidráulica para Packings medianos
- Al sur del Bío Bío se recomienda priorizar la instalación de sistemas de mini hidro siempre que existan cauces con recursos para ello, buscando el máximo dimensionamiento del mismo, sea en el marco de la Ley 20.571 o como PMGD
- Para Packing pequeños, siempre que sea posible se recomienda la instalación de mini hidro y en caso que no lo sea, se puede optar por la fotovoltaica bajo 100kW.

Tabla 14. Períodos de retorno para todas las tecnologías, localizaciones y tamaños, con apalancamiento 70%, estacionalidad 1 y evolución precio de la electricidad +5,2%. Fuente: Elaboración propia

| Región | Tecnología | Fotovoltaica | Eólica | Hidráulica | Freático |
|-----------|-----------------|--------------|--------|------------|----------|
| | Producción (kg) | PR (a) | PR (a) | PR (a) | PR (a) |
| Atacama | 1.000.000 | 10 | | | 6 |
| | 5.000.000 | 7 | 18 | | 5 |
| | 20.000.000 | 4 | 18 | | 4 |
| Coquimb | 750.705 | 10 | 20 | 6 | 6 |
| | 3.753.526 | 6 | 17 | 6 | 5 |
| | 15.014.105 | 4 | 17 | 6 | 4 |
| Valparaís | 1.019.070 | 8 | 12 | 5 | 0 |
| | 5.095.351 | 6 | 11 | 5 | 9 |
| | 20.381.403 | 3 | 11 | 5 | 7 |
| Metropol | 1.085.900 | 10 | 20 | 10 | 9 |
| | 5.429.502 | 7 | 17 | 10 | 7 |
| | 21.718.008 | 4 | 16 | 7 | 5 |
| O'Higgins | 1.011.870 | 9 | 13 | 6 | 9 |
| | 5.059.348 | 6 | 11 | 6 | 7 |
| | 20.237.390 | 3 | 10 | 5 | 5 |
| El Maule | 1.232.023 | 8 | 13 | 6 | 7 |
| | 6.160.114 | 6 | 12 | 6 | 6 |
| | 24.640.456 | 3 | 10 | 5 | 5 |
| Biobío | 360.650 | | 19 | 6 | 7 |
| | 1.803.248 | 8 | 13 | 6 | 7 |
| | 7.212.993 | 7 | 12 | 5 | 6 |
| Araucanía | 411.783 | | 17 | 5 | 8 |
| | 2.058.914 | 10 | 11 | 5 | 7 |
| | 8.235.657 | 8 | 12 | 5 | 6 |
| Los Ríos | 596.500 | | 17 | 5 | 6 |
| | 2.982.500 | 14 | 13 | 5 | 5 |
| | 11.930.000 | 7 | 11 | 5 | 4 |
| Los Lagos | 570.000 | | 17 | 5 | 6 |
| | 2.850.000 | 12 | 11 | 6 | 5 |
| | 11.400.000 | 8 | 11 | 5 | 4 |

2. Contexto y objetivos

2.1. Contexto

Desde comienzos siglo, Chile ha trabajado de forma continua por transformarse en potencia agroalimentaria de nivel internacional, explotando su gran diversidad agroclimática y de suelos, que brindan excelentes condiciones para el desarrollo de una variedad de actividades agropecuarias y acuícolas.

La superficie asociada a las explotaciones agropecuarias y forestales en Chile comprende casi un tercio de la superficie continental del país con 35,5 millones de hectáreas (ha). Sin embargo, debido a factores geográficos y económicos, la superficie de los suelos cultivados es bastante restringida, alcanzando en la actualidad a sólo 2 millones 123 mil ha, que se distribuye en: 1.303.210 ha utilizadas en cultivos anuales y permanentes, 401.018 ha en praderas sembradas y 419.714 ha en barbecho y descanso. En cuanto a otros usos de suelo, un total de 17.070.776 ha están cubiertas por bosque nativo y matorrales; 12.549.478 ha, por praderas naturales; 2.707.461 ha, por plantaciones forestales, y 1.062.352 ha, por praderas mejoradas.¹²

Dentro del rubro alimentario, se destacan: la producción de frutas frescas (contra estación con el hemisferio norte), el cultivo acuícola del salmón y otros peces, los alimentos procesados, como frutas y hortalizas en conserva, frutas deshidratadas, frutas congeladas, jugos el vino, los productos del mar y la carne.

En 2013, el aporte sectorial acumulado de los sectores silvoagropecuario, alimentos y bebidas y tabaco al PIB nacional fue de un 6,2%.¹³ Considerando el alto nivel de encadenamientos productivos de los sectores silvoagroindustriales e incluyéndolos en el análisis de su

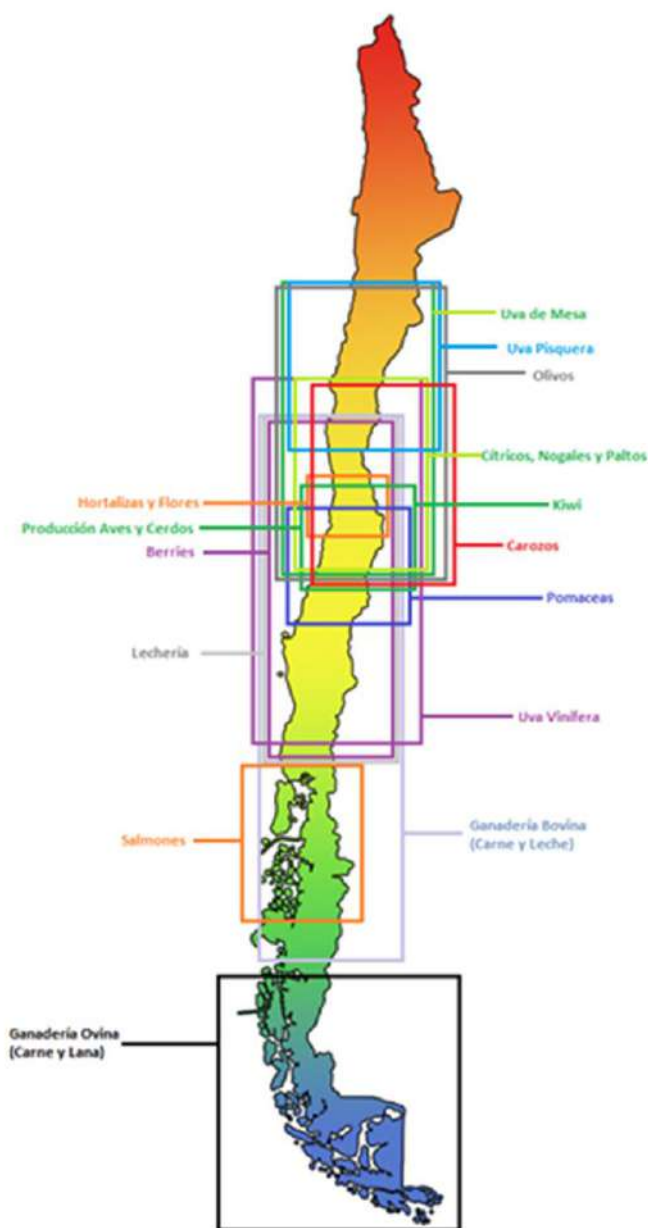


Ilustración 16: Distribución de las principales áreas productivas involucradas en la exportación agroalimentaria según la zona geográfica de origen (Fuente: Elaboración Propia a partir de datos publicados en “Agricultura Chilena 2014: una perspectiva de mediano plazo”, ODEPA¹).

¹² http://www.odepa.cl/wp-content/files_mf/1401804820Panorama_agricultura_chilena_2012.pdf (página 38)

¹³ <http://www.odepa.cl/pib-por-clase-de-actividad-economica/>

importancia económica, estos sectores llegan a cubrir cerca de 13% del PIB según datos publicados por la Oficina de Estudios y Políticas Agrarias (ODEPA) en 2003.¹⁴

Como puede observarse, la distribución longitudinal de la variación climática de Chile, origina la segmentación de la producción agropecuaria. A esto, se le suma la variabilidad generada por las gradientes de temperatura y humedad dadas a lo ancho del país, debido al efecto del mar y las cordilleras que crean tipos climáticos particulares. Por tanto, en el valle central de la zona central de Chile (entre Coquimbo y Concepción) se sitúa la superficie agrícola de mayor valor y donde se ha experimentado de manera exitosa el desarrollo de la agricultura de exportación.

La principal actividad agrícola de la **zona central de Chile** es la fruticultura, encabezada por el cultivo de uva vinífera y uva de mesa. En esta zona la superficie frutícola se divide entre los frutales mayores y menores. Los primeros corresponden a las especies tradicionales y que son exportadas en grandes volúmenes, como es la uva, manzana, los carozos y cítricos. Mientras que los frutales menores, corresponden a las especies de reciente establecimiento e incorporación a la agroexportación, como son los berries, guindas, tunas, etc. Hacia la **zona centro sur** se incrementa el cultivo de berries, carozos y pomáceas, comercializados frescos, congelados o procesados.¹⁵

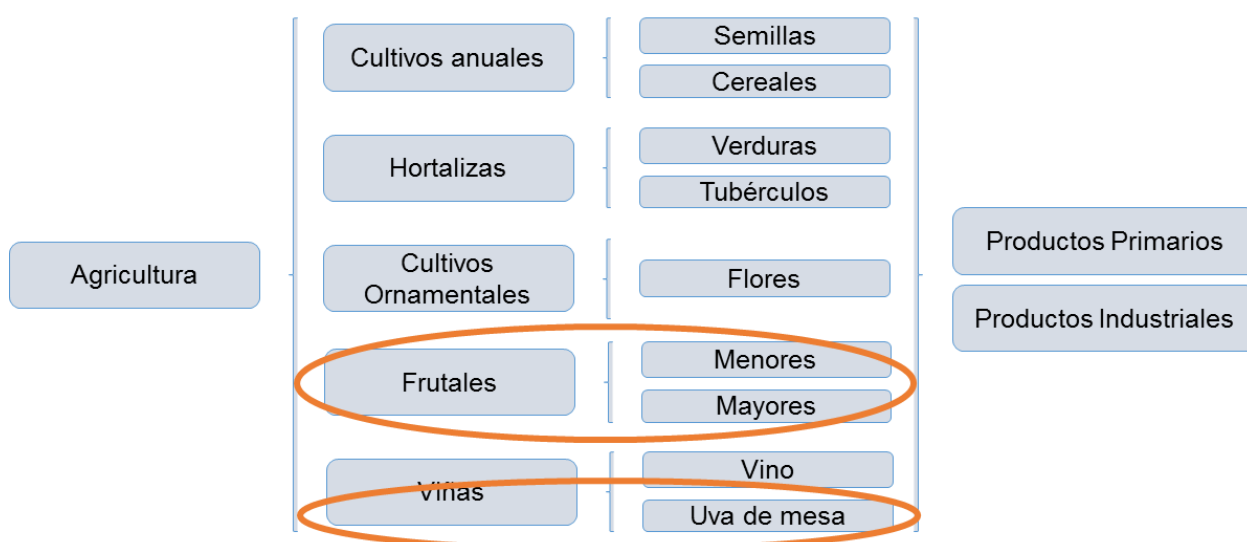


Ilustración 17: Esquema básico de la industria agroalimentaria en Chile (Fuente: Elaboración Propia).

Esta producción agrícola, que en su mayoría está destinada para el mercado internacional, para su transporte requiere de procesos de limpieza, selección, embalaje y, en muchos casos, control de temperatura, para arribar a su destino en condiciones apropiadas. Este proceso es realizado por la industria del packing.

2.2. Objetivos generales del trabajo

1. **Caracterizar a la industria** del Packing a nivel nacional y sus empresas asociadas, identificando la localización territorial de las empresas.

¹⁴ http://www.odepa.cl/wp-content/files_mf/1401804820Panorama_agricultura_chilena_2012.pdf

¹⁵ <http://www.sna.cl/ww/admin/spaw2/uploads/files/Agricultura%202014.pdf>

2. **Identificar los actores clave de la industria**, individualizando a los líderes de decisión del sector productivo.
3. **Catastrar los proyectos** de eficiencia energética y energías renovables en la industria que ya se encuentren en operación dentro del país. Evaluando 3 proyectos con mayor detalle.
4. **Identificar claramente los consumos energéticos asociados a los procesos productivos** de la industria Packing, desde la llegada del producto preliminar hasta la comercialización del producto final, estableciendo balances de energía para cada una.
5. **Clasificación de las empresas de la industria** del Packing en **empresas modelos** (entre 2 y 4 grupos) de acuerdo a tamaño, consumo energético y otros criterios que determinen diferencias importantes.
6. **Identificación y análisis de alternativas** de energías renovables apropiadas con factibilidad técnico-económica de ser implementadas en el sector productivo. Elaborar proyectos teóricos de energías renovables para autoconsumo para cada grupo de empresas previamente definida.
7. **Elaborar un ranking de medidas de eficiencia energética en base a estudios e análisis ya realizados.**

2.3. Objetivo 1

Caracterizar a la industria del packing a nivel nacional y sus empresas asociadas, identificando la localización territorial de los procesos productivos y las empresas asociadas.

Para esta caracterización se consideraron las siguientes variables:

- *Producción de fruta por región*
- *Volumen de exportaciones de fruta fresca*
- *Volumen de fruta fresca destinada a mercado local*
- *Número de empresas de packing por región*
- *Número de plantas de packing y capacidad de almacenamiento por región*
- *Número de cámaras de frío por región*
- *Descripción general del proceso de packing*

2.4. Objetivo 2

Identificar los actores clave de la industria, individualizando a los líderes de decisión del sector productivo.

Entre los actores clave, se analizaron:

- Empresas productoras
- Asociaciones Gremiales del ámbito frutícola
- Asociaciones Gremiales relacionadas con las ERNC y la Eficiencia Energética
- Proveedores de la industria del packing (transporte y almacenamiento)
- Proveedores de soluciones de ERNC y medidas de Eficiencia Energética
- Instituciones Públicas de relevancia para la industria y relacionadas con la Energía
- Instituciones públicas y privadas de investigación

2.5. Objetivo 3

Catastrar los proyectos de Eficiencia Energética y ERNC en la industria que ya se encuentren en operación dentro del país, entregando las coordenadas geográficas del emplazamiento de los proyectos, y documentando 03 casos de éxito replicables.

2.6. Objetivo 4

Identificar claramente los consumos energéticos asociados a los procesos productivos de la industria Packing, desde la llegada del producto preliminar hasta la comercialización del producto final, estableciendo balances de energía para cada una.

2.7. Objetivo 5

Clasificación de las empresas de la industria del Packing en empresas modelos (entre 2 y 4 grupos) de acuerdo a tamaño, consumo energético y otros criterios que determinen diferencias importantes.

2.8. Objetivo 6

Identificación y análisis de alternativas de Autoabastecimiento de energías renovables apropiadas con factibilidad técnico-económica de ser implementadas en el sector productivo. Elaborar proyectos teóricos de energías renovables para autoconsumo para cada grupo de empresas previamente definido.

Cabe destacar que los “proyectos teóricos” han sido casos que se han simulado con gran variabilidad de parámetros sensibles para analizar la sensibilidad de las distintas tecnologías a las distintas variables de contorno y casos objetivos.

Caracterización de recursos energéticos disponibles según la distribución geográfica de la industria; Considerar tanto la ubicación geográfica, como la generación de desechos valorizables y condiciones favorables (como recursos o espacio disponible)

Esta caracterización para las distintas tecnologías se ha condensado en 8.1. Caracterización de Recursos Renovables.

Propuesta de soluciones de energías renovables. Por cada solución se deberá indicar:

- a) Etapa del proceso donde aplica.*
- b) Fuente energética a utilizar incluso una justificación porque se propone esa fuente energética renovable y no otra.*
- c) Capacidad del sistema y factor de planta (dado por la disponibilidad del recurso o por los requerimientos del proceso).*
- d) Inversión estimada y estimación del costo por unidad de energía.*
- e) Replicabilidad de la solución (a qué porcentaje de la industria aplica dicha propuesta)*
- f) Tiempo de implementación*
- g) Curvas de acoplamiento de la oferta y demanda de energía (horaria, diaria, anual).*
- h) Disposición de empresas a intervenir etapa(s) de proceso productivo.*
- i) Indicadores económicos, como VAN, TIR y período de retorno de la inversión.*
- j) Disponibilidad de proveedores para implementar la solución.*
- k) Requerimientos de capacitación a personal para mantención y operación de los equipos.*

Dado que la aplicación de las tecnologías depende de las condiciones de cada caso, los aspectos solicitados se han tratado de forma diferenciada. Por una parte los aspectos descriptivos de las tecnologías, como a), b), e), f), h), j) o k), se han compilado juntos en una descripción de las características poco afectadas de la aplicación en 8.2. Propuestas de Alternativas en base a Tecnologías Renovables.

Por otra parte, el resto de ítems, se han trabajado en análisis caso por caso, junto a lo solicitado en el párrafo siguiente, dimensionando y evaluando el comportamiento técnico y

económico de cada caso a través de simulaciones llevadas a cabo con los modelos descritos y que incluyen todos los aspectos de interés operativo, a la vez que permiten visualizar la sensibilidad de cada tecnología a cada variable para lograr una buena imagen de la potencialidad de cada tecnología en cada caso así como sus riesgos.

Identificar diferentes modelos de negocios, con los cuales se pueda rentabilizar este tipo de tecnología de centrales en Chile.

La parte de modelos de negocio está incluida en 8.2. Propuestas de Alternativas en base a Tecnologías Renovables

2.9. Objetivo 7

Elaborar un ranking de medidas de eficiencia energética en base a estudios y análisis ya realizados. Basado en estudios ya realizados e identificado por el consultor, establecer un ranking de medidas e intervenciones de eficiencia energética en el sector de Packing desde el punto de vista costo-efectivo / rentabilidad.

Se debe elaborar un ranking (de rentabilidad) con propuestas de mejoras de eficiencia energética que contengan la siguiente información:

- *Etapa del proceso donde aplica.*
- *Cantidad de energía que se estima que se puede ahorrar o reutilizar al implementar la solución y costos asociados a este ahorro.*
- *Equipos requeridos para implementar la propuesta e inversión estimada.*
- *La selección de las alternativas apropiadas deberá considerar:*
 - *Replicabilidad de la solución.*
 - *Inversión estimada y periodo de implementación.*
 - *Indicadores económicos, como VAN, TIR y período de retorno de la inversión.*
 - *Disponibilidad de proveedores para implementar la solución*

3. Caracterización de la industria del packing

La industria del packing forma parte de la cadena de valor de la exportación de fruta fresca. Para dimensionar su importancia, en primer lugar se describirán las características económicas de este sector y en la sección siguiente, se analizan los aspectos productivos asociados a la industria del packing.

3.1. Aspectos económicos

3.1.1. Mercado internacional de la fruta fresca

Los mercados de Estados Unidos, Alemania, España, Países Bajos y China concentran una tercera parte del intercambio comercial global de frutas. Estados Unidos se coloca como el principal mercado de consumo ya que representa el 11.4% del monto total de las importaciones mundiales, con un valor aproximado de US\$12,638.9 millones. Le siguen Alemania (9,1%); Países Bajos (5,6%); Reino Unido (5,6%) y Rusia (4,9%).¹⁶

Dentro de la oferta mundial de frutas (Ilustración 18), tan sólo 10 países concentran el 56% del total de las exportaciones mundiales, estos son: Estados Unidos como líder con el 14,1%; seguido de España (8,8%), Chile (5,5%), Países Bajos (5,4%) y Turquía (4,1%) (Suecia, 2016).¹⁷

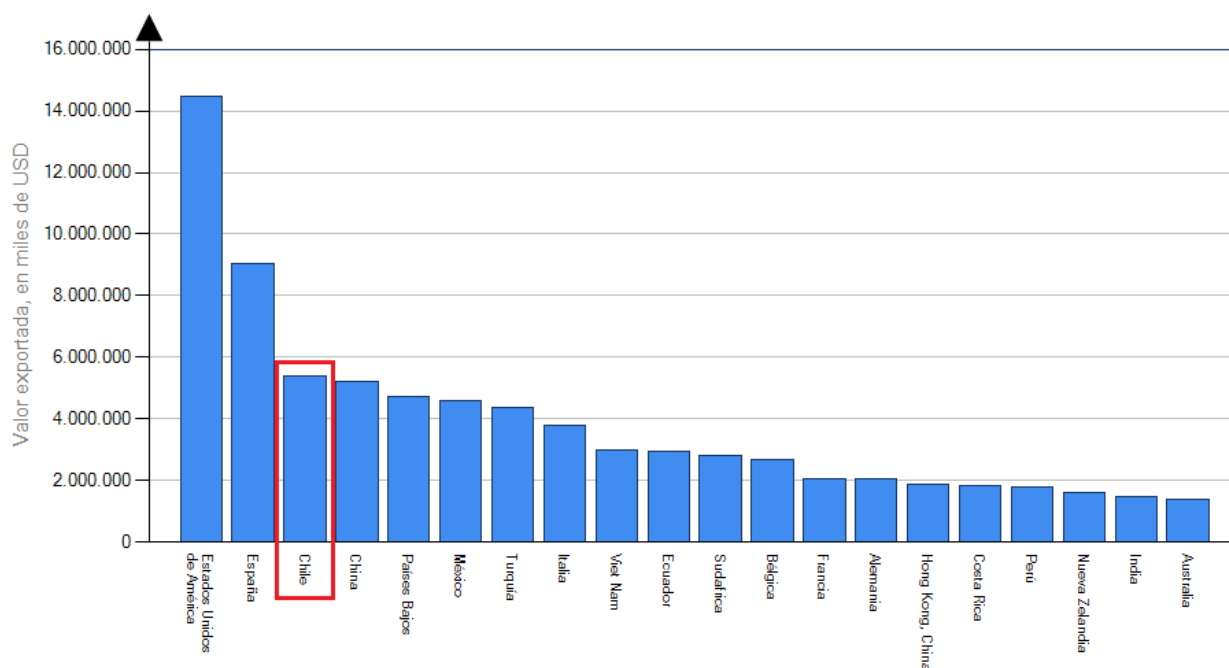


Ilustración 18: Lista de países exportadores de fruta fresca en 2015.¹⁸

Según Trade Map, Chile es el tercer país con mayor volumen de ventas de frutas frescas a nivel mundial, tras Estados Unidos y España (Ilustración 19), lo cual sustenta la fortaleza del sector y la importancia de éste dentro de la economía nacional.

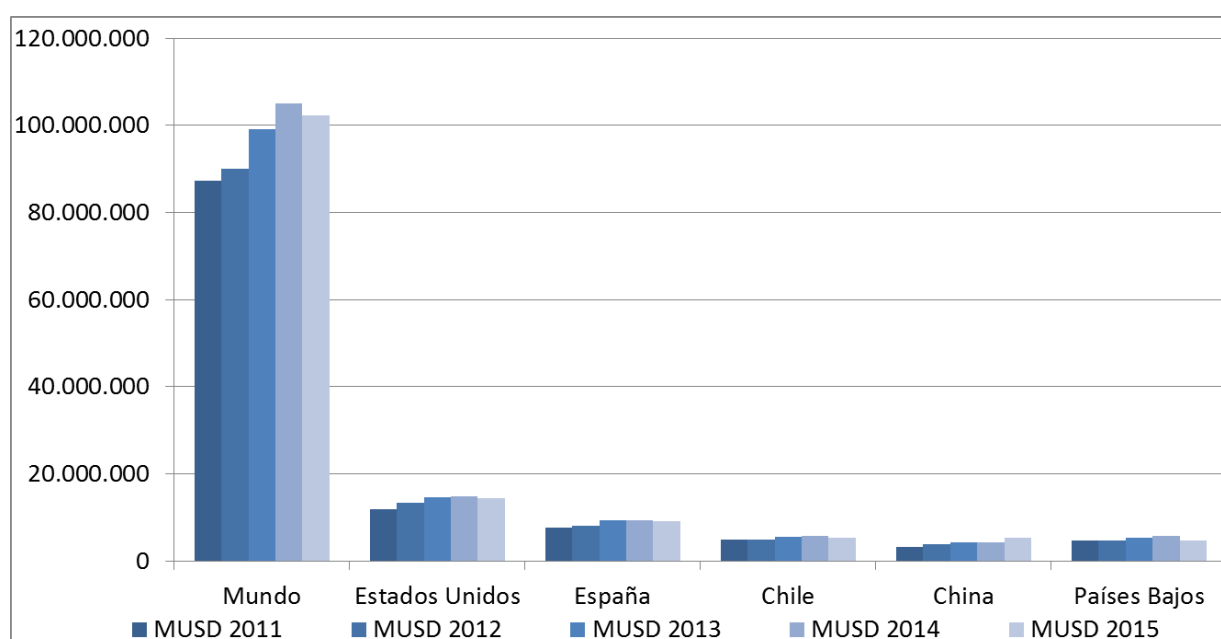
¹⁶ <http://www.sieca.int/PortalData/Documentos/D1CCB65B-6EDD-4FC4-92E5-609EFCF1E227.pdf>

¹⁷ <http://www.sieca.int/PortalData/Documentos/D1CCB65B-6EDD-4FC4-92E5-609EFCF1E227.pdf>

¹⁸ www.trademap.org

Tabla 15: Evolución de exportaciones de fruta fresca a nivel mundial (Fuente: www.trademap.org)

| | MUSD 2011 | MUSD 2012 | MUSD 2013 | MUSD 2014 | MUSD 2015 |
|----------------|------------|------------|------------|-------------|-------------|
| Mundo | 87.315.314 | 90.027.607 | 99.193.908 | 104.940.626 | 102.193.967 |
| Estados Unidos | 11.767.712 | 13.263.744 | 14.533.192 | 14.858.265 | 14.472.234 |
| España | 7.677.550 | 8.059.034 | 9.259.817 | 9.266.517 | 9.032.635 |
| Chile | 4.818.117 | 4.878.413 | 5.461.578 | 5.765.784 | 5.379.500 |
| China | 3.188.464 | 3.771.731 | 4.171.873 | 4.318.163 | 5.210.495 |
| Países Bajos | 4.660.658 | 4.634.054 | 5.360.300 | 5.679.320 | 4.712.503 |

**Ilustración 19: Evolución de exportaciones de fruta fresca a nivel mundial (Fuente: www.trademap.org)**

Según se puede apreciar en Ilustración 20, Chile es el décimo país con mayor intercambio comercial de frutas frescas a nivel mundial, siendo el primero a nivel Latinoamericano, y el único país que posee una balanza comercial casi 100% en exportaciones.

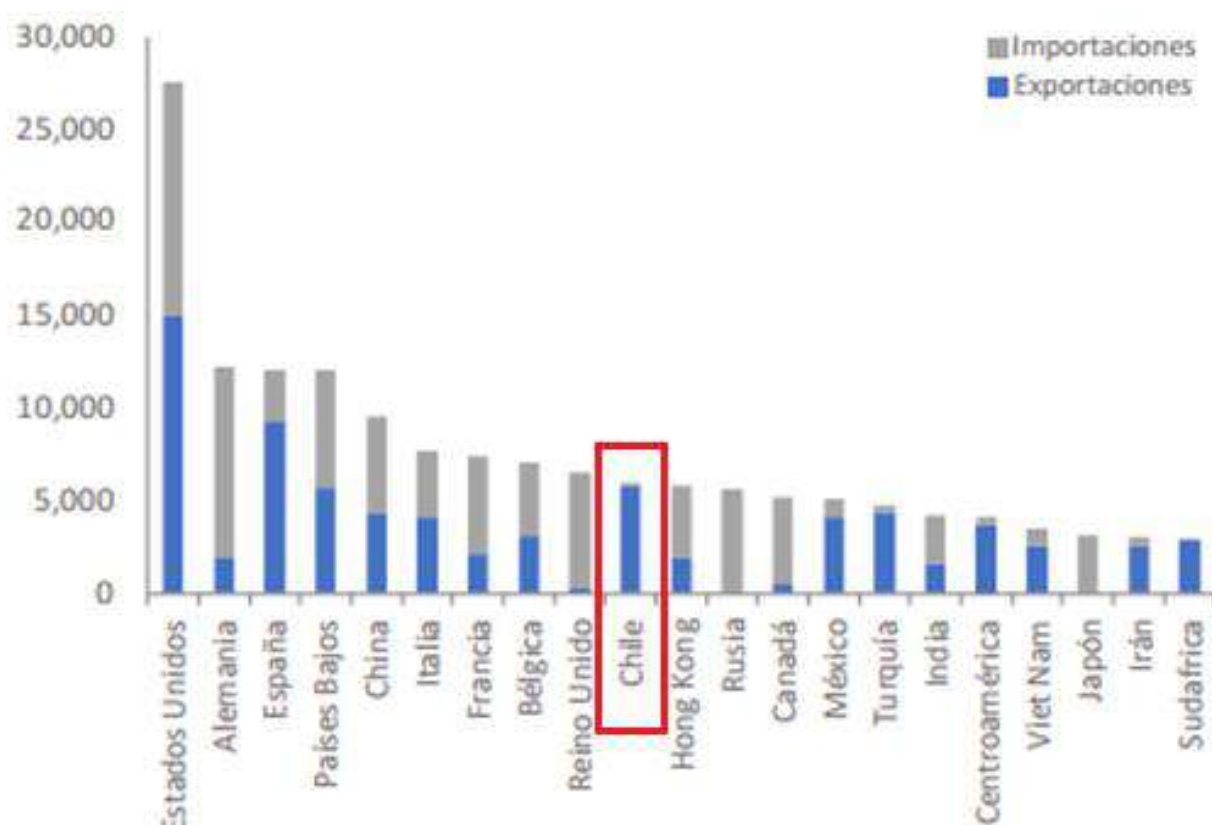


Ilustración 20: Intercambio comercial de frutas según mercados en millones de dólares (Fuente: Dirección de Inteligencia Económica (SIECA), con datos de TradeMap.)

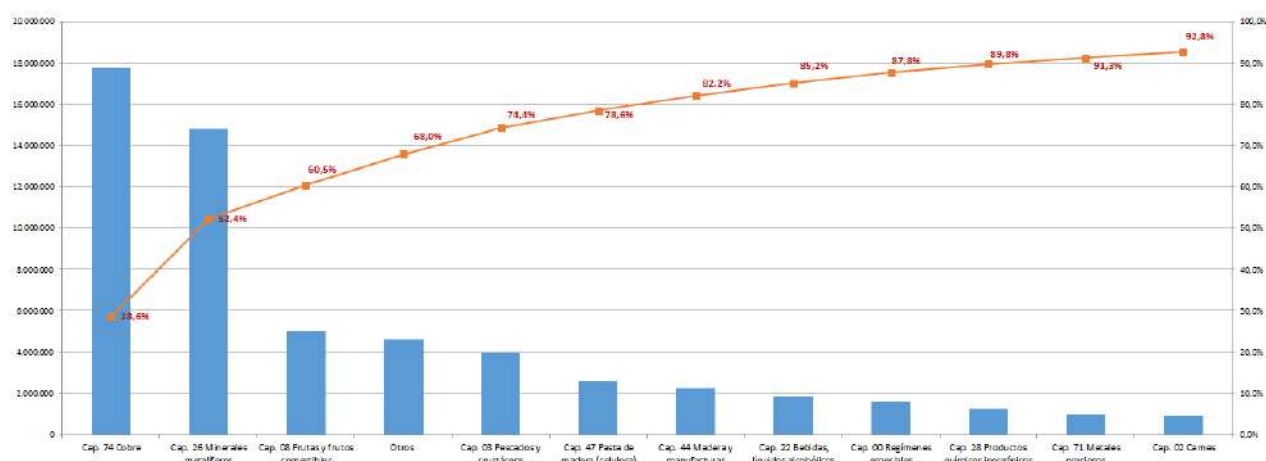
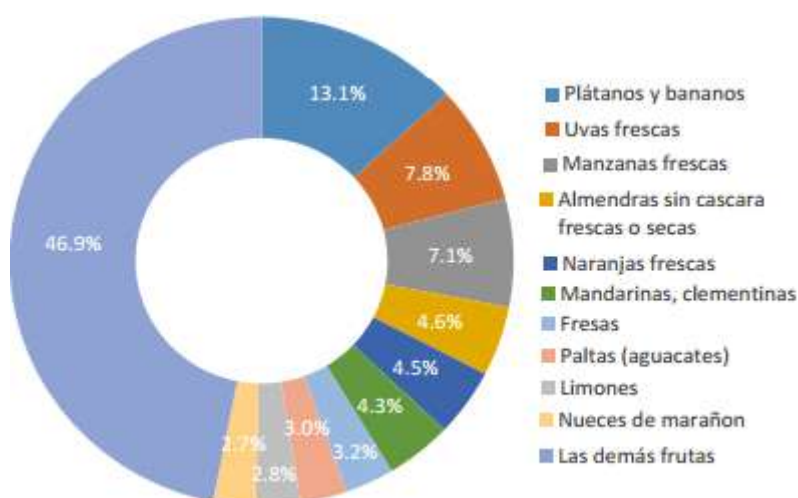


Ilustración 21: Niveles de exportación de los diversos capítulos existentes en el registro de Aduanas (Fuente: Aduana)

Tabla 16: Estadísticas internacionales de exportación de frutas frescas a nivel mundial (Top 5) (Fuente: www.trademap.org)

| | Exportaciones 2015 (MUSD) | Saldo Comercial 2015 (MUSD) | Tasa de crecimiento anual 2014-2015 (%) | Participación Mundial (%) | Distancia media (km) |
|--------------|---------------------------|-----------------------------|---|---------------------------|----------------------|
| Mundo | 102.145.058 | -9.582.223 | -2,0% | 100% | 4.770 |
| EEUU | 14.472.234 | -950.770 | -3,0% | 14,2% | 7.522 |
| España | 9.032.635 | 6.251.719 | -3,0% | 8,8% | 1.658 |
| Chile | 5.379.500 | 5.181.800 | -7,0% | 5,3% | 11.157 |
| China | 5.210.495 | -799.111 | 21,0% | 5,1% | 3.767 |
| Países Bajos | 4.712.503 | -686.160 | -17,0% | 4,6% | 711 |
| México | 4.596.899 | 3.538.763 | 13,0% | 4,5% | 2.627 |

Dentro de las frutas exportadas a nivel mundial, las uvas y manzanas son la segunda y tercera fruta de mayor intercambio a nivel mundial, siendo justamente estas las frutas, que lideran las exportaciones de fruta fresca en Chile (ver Sección 3.1.2. “El mercado chileno de la fruta fresca”).

**Ilustración 22: Distribución mundial de frutas exportadas durante 2015. (Fuente: Dirección de Inteligencia Económica (SIECA), con datos de TradeMap, 2016.)**

3.1.2. El mercado chileno de la fruta fresca

Según datos del Servicio Nacional de Aduanas Chile (Tabla 17), en la economía chilena, la fruta es uno de los productos exportados más importantes después de la minería, debido a su gran diversidad agroclimática y de suelos que permiten desarrollar una variedad de cultivos de gran calidad exportadora. En el año 2015, la fruta fresca representó el tercer producto más exportado tras el cobre y otros minerales, con 5.058MM, y el 8.1% del volumen exportado.

Tabla 17: Niveles de exportación de los diversos capítulos existentes en el registro del Servicio Nacional de Aduanas (Fuente: Aduana)¹⁹

| | 2015 (MUSD) | % |
|---|-------------|-------|
| Cap. 74 Cobre | 17.769.309 | 28,6% |
| Cap. 26 Minerales metalíferos | 14.795.317 | 23,8% |
| Cap. 08 Frutas y frutos comestibles | 5.058.083 | 8,1% |
| Otros | 4.638.436 | 7,5% |
| Cap. 03 Pescados y crustáceos | 4.003.530 | 6,4% |
| Cap. 47 Pasta de madera (celulosa) | 2.567.554 | 4,1% |
| Cap. 44 Madera y manufacturas | 2.253.997 | 3,6% |
| Cap. 22 Bebidas, líquidos alcohólicos | 1.873.609 | 3,0% |
| Cap. 00 Regímenes especiales | 1.595.134 | 2,6% |
| Cap. 28 Productos químicos inorgánicos | 1.237.948 | 2,0% |
| Cap. 71 Metales preciosos | 952.152 | 1,5% |
| Cap. 02 Carnes | 933.397 | 1,5% |
| Cap. 31 Abonos | 774.655 | 1,2% |
| Cap. 20 Preparaciones alimenticias | 605.321 | 1,0% |
| Cap. 84 Máquinas y aparatos mecánicos | 573.698 | 0,9% |
| Cap. 48 Papel y cartón | 512.085 | 0,8% |
| Cap. 39 Plástico y sus manufacturas | 477.220 | 0,8% |
| Cap. 23 Residuos de industrias alimentarias | 408.773 | 0,7% |
| Cap. 16 Preparaciones de carne, pescado | 380.749 | 0,6% |
| Cap. 40 Caucho y sus manufacturas | 373.845 | 0,6% |
| Cap. 21 Preparaciones alimenticias diversas | 370.559 | 0,6% |
| TOTAL | 62.155.370 | |

¹⁹ <https://www.aduana.cl/aduana/site/edic/base/port/estadisticas.html>

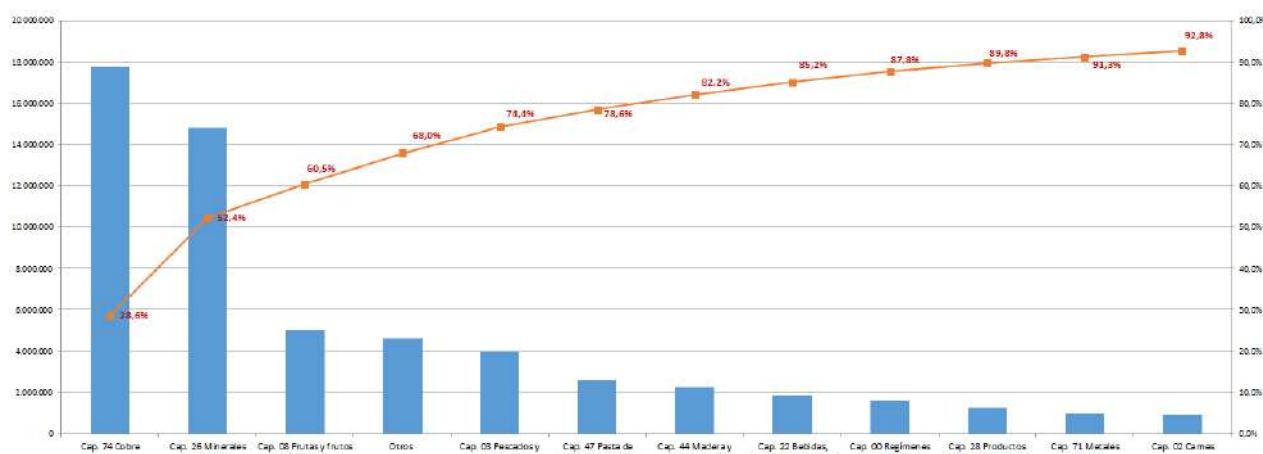


Ilustración 23: Niveles de exportación de los diversos capítulos existentes en el registro de Aduana (Fuente: Aduana)

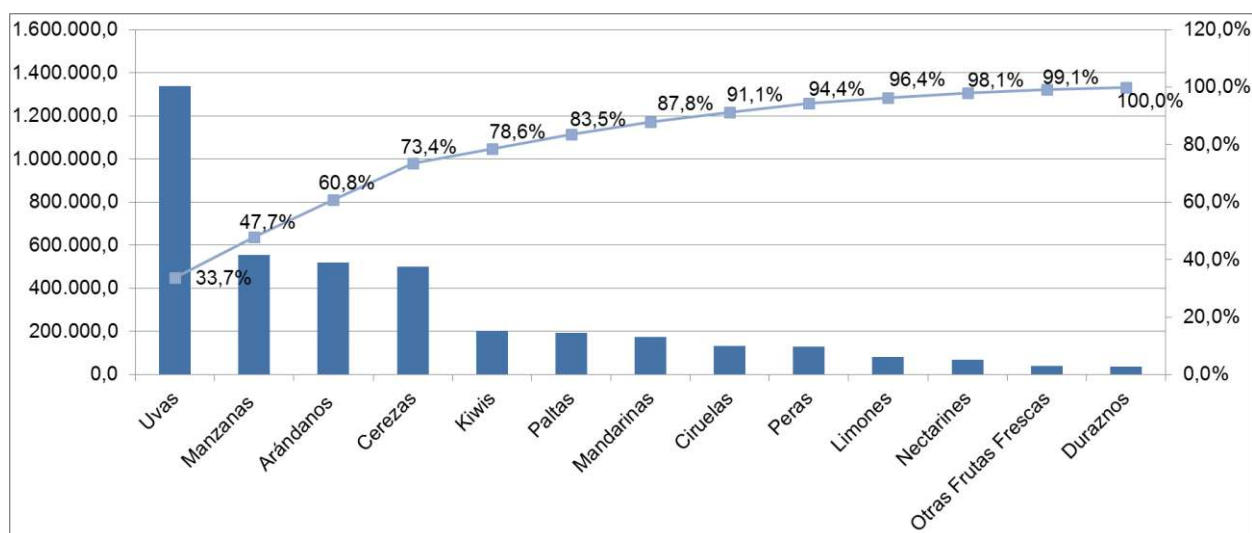
Los acuerdos de libre comercio que Chile ha firmado con numerosos países y regiones, han facilitado el desarrollo de la producción y comercialización en su fruticultura, en particular en aquellas especies que se han ido incorporando más recientemente a la variedad de cultivos y que pueden llegar a ser relevantes en los mercados mundiales por algunos atributos especiales, como la calidad, y no por volumen. Al analizar el comportamiento del monto de las exportaciones por especie durante los últimos quince años, se observa que los mayores crecimientos existen en cítricos (principalmente naranjas, mandarinas-clementinas y limones), paltas, cerezas, kiwis y manzanas, y, entre los berries, en los arándanos y frambuesas.²⁰

Los resultados de volúmenes de MUSD exportados (Ilustración 24) muestran que los mayores ingresos están asociados a las exportaciones de uva de mesa (1.338.693,9; 33,7%), manzanas (555.954,2; 14,0%), arándanos (517.842,8; 13,0%) y cerezas (501.049,1; 12,6%) principalmente.

²⁰ <http://www.sna.cl/ww/admin/spaw2/uploads/files/Agricultura%202014.pdf>

Tabla 18: Exportaciones totales de fruta fresca detallada (MUSD FOB) (Fuente: Odepa)

| | Valor Total (M USD/año) | % |
|----------------------|-------------------------|-------|
| Uvas | 1.338.693,9 | 33,7% |
| Manzanas | 555.954,2 | 14,0% |
| Arándanos | 517.842,8 | 13,0% |
| Cerezas | 501.049,1 | 12,6% |
| Kiwis | 204.248,5 | 5,1% |
| Paltas | 194.599,7 | 4,9% |
| Mandarinas | 173.019,8 | 4,4% |
| Ciruelas | 131.209,5 | 3,3% |
| Peras | 127.686,8 | 3,2% |
| Limonos | 80.145,2 | 2,0% |
| Nectarines | 67.501,6 | 1,7% |
| Otras Frutas Frescas | 39.797,1 | 1,0% |
| Duraznos | 36.510,0 | 0,9% |
| TOTAL | 3.968.258,2 | |

**Ilustración 24: Exportaciones totales de fruta fresca detallada (MUSD FOB) (Fuente: Odepa)**

Dentro de las exportaciones, existe un segmento de fruta fresca que se vende como congelada, la cual está asociada a los berries principalmente. Este tipo de fruta realiza el mismo ciclo productivo de empaque, con la diferencia que se almacena en cámaras que llegan a los

puntos de congelación de la fruta, lo cual permite su venta muchos meses después de su período de producción.

Según la información del Servicio Nacional de Aduanas, en el año 2015 se exportaron cerca de 112.061 toneladas de frutas congeladas, concentrando los berries cerca del 90% de dicho volumen²¹.

Tabla 19: Distribución de exportación de Fruta Congelada, durante 2015 (Fuente: www.aduanas.cl)

| | Valor Total (ton/año) | % |
|-------------------------|-----------------------|-------|
| Arándanos congelados | 33.865,3 | 30,2% |
| Frambuesas congeladas | 31.084,6 | 27,7% |
| Moras congeladas | 18.365,8 | 16,4% |
| Frutillas congeladas | 17.727,2 | 15,8% |
| Otros frutos congelados | 10.318,7 | 9,2% |
| Manzanas congeladas | 391,1 | 0,3% |
| Duraznos congelados | 301,9 | 0,3% |
| Uvas congeladas | 4,2 | 0,0% |
| Kiwis congelados | 2,1 | 0,0% |
| TOTAL | 112.061,0 | |

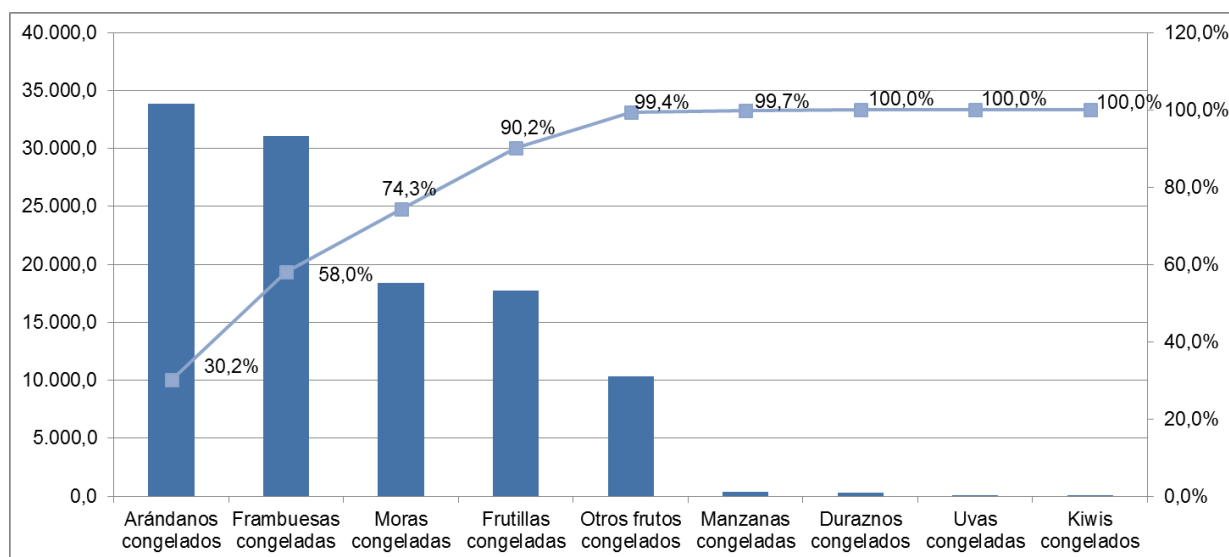


Ilustración 25: Distribución de exportación de Fruta Congelada, durante 2015 (Fuente: www.aduanas.cl)

²¹ <https://www.aduana.cl/aduana/site/edic/base/port/estadisticas.html>

Para analizar la magnitud de las exportaciones de este tipo de producto, se comparó con el volumen total de fruta fresca. El resultado muestra que la fruta congelada de exportación constituye cerca del 5% del volumen total exportado de fruta fresca, tal como se aprecia en Tabla 207 e Ilustración 26.

Tabla 20: Volúmenes de exportación de frutas frescas y congelados (Fuente: www.aduanas.cl)

| | Valor Total (ton/año) | % |
|-----------------|-----------------------|-------|
| Fruta Fresca | 2.478.114,4 | 95,7% |
| Fruta Congelada | 112.061,0 | 4,3% |
| TOTAL | 2.590.175,4 | |
| | Valor Total (ton/año) | % |

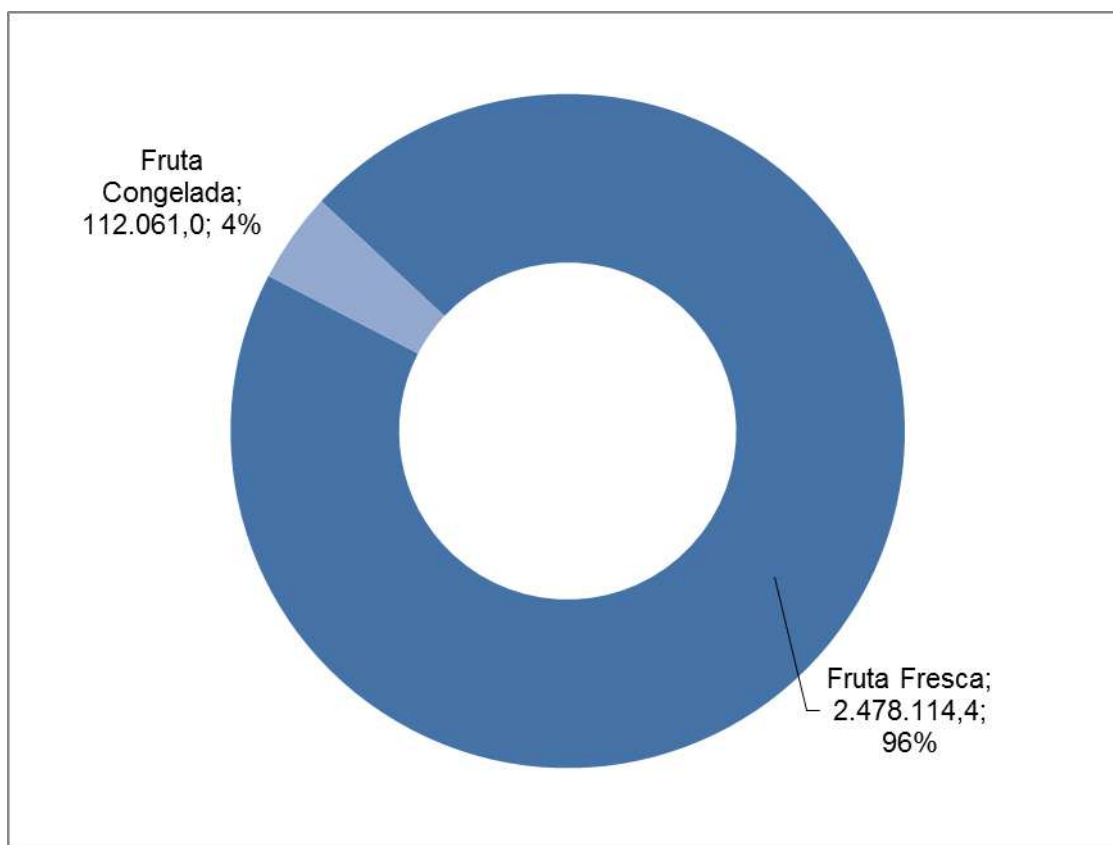


Ilustración 26: Volúmenes de exportación de frutas frescas y congelados (Fuente: www.aduanas.cl)

Para entender la relación entre el volumen de fruta en toneladas destinado para exportación y el destinado al mercado local, se han analizado las estadísticas de ODEPA en cuanto a la producción en toneladas de fruta fresca destinada al mercado internacional durante el año 2015 versus el volumen de fruta ingresado a los mercados mayoristas.

Tabla 21 muestra que durante el año 2015, 2.478.114,4 toneladas de fruta fresca fueron destinadas a la exportación.

Tabla 21: Producción de fruta fresca destinada a mercado internacional durante 2015.²²

| | Valor Total (ton/año) |
|------------------|-----------------------|
| Uva | 775.357,1 |
| Manzana | 649.674,6 |
| Kiwi | 192.974,5 |
| Pera | 146.233,1 |
| Ciruela | 102.695,7 |
| Palta | 94.755,3 |
| Cereza | 93.169,6 |
| Limón | 65.209,5 |
| Naranja | 62.338,2 |
| Arándano | 56.454,6 |
| Nectarín | 55.850,8 |
| Mandarina | 47.572,3 |
| Nuez con cáscara | 35.352,9 |
| Clementinas | 30.236,3 |
| Otras Frutas | 25.346,1 |
| Durazno | 25.154,1 |
| Nuez sin cáscara | 19.739,8 |
| TOTAL | 2.478.114,4 |

²² <http://www.odepa.cl/estadisticas/productivas>

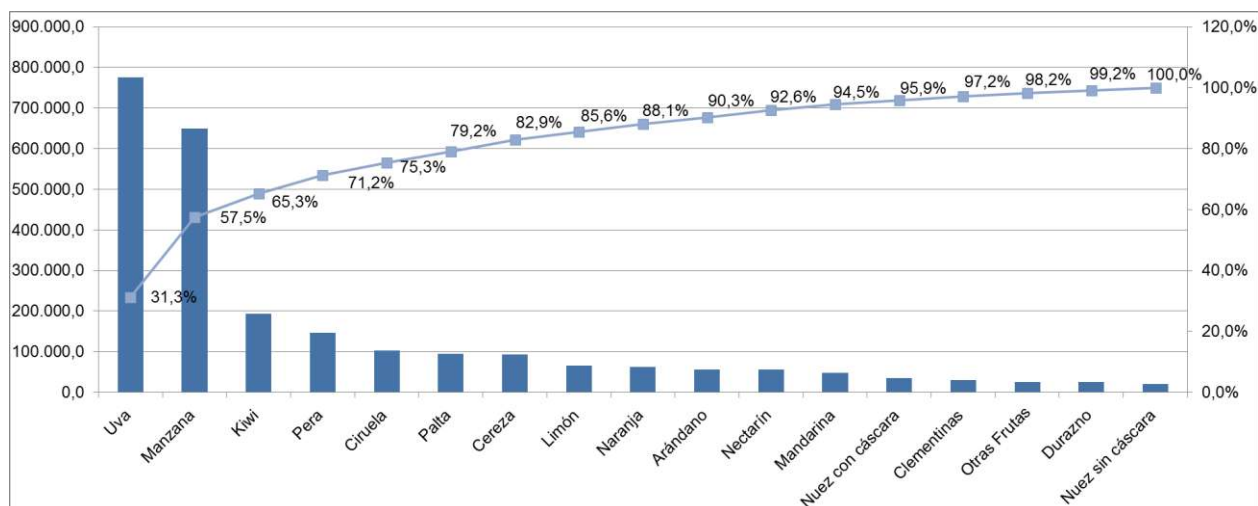


Ilustración 27: Producción de fruta fresca destinada a mercado internacional durante 2015.

El volumen de fruta fresca destinado al mercado nacional es analizado por ODEPA a partir del volumen de fruta fresca ingresado a los mercados mayoristas, que en el año 2015 se situó en 451.885 toneladas (Tabla 22).

Tabla 22 Producción de fruta fresca destinada a mercado nacional durante 2015.²³

| | Volumen 2015 (ton) |
|--------------|--------------------|
| Limón | 97.807,3 |
| Plátano | 89.290,7 |
| Manzana | 60.763,1 |
| Naranja | 39.107,3 |
| Palta | 33.332,7 |
| Otras Frutas | 28.960,9 |
| Pera | 25.893,3 |
| Uva | 15.378,3 |
| Nectarín | 15.368,0 |
| Mandarina | 13.361,7 |
| Kiwi | 12.119,1 |
| Durazno | 11.844,2 |
| Frutilla | 8.659,1 |
| TOTAL | 451.885,7 |

²³ <http://www.odepa.cl/estadisticas/productivas>

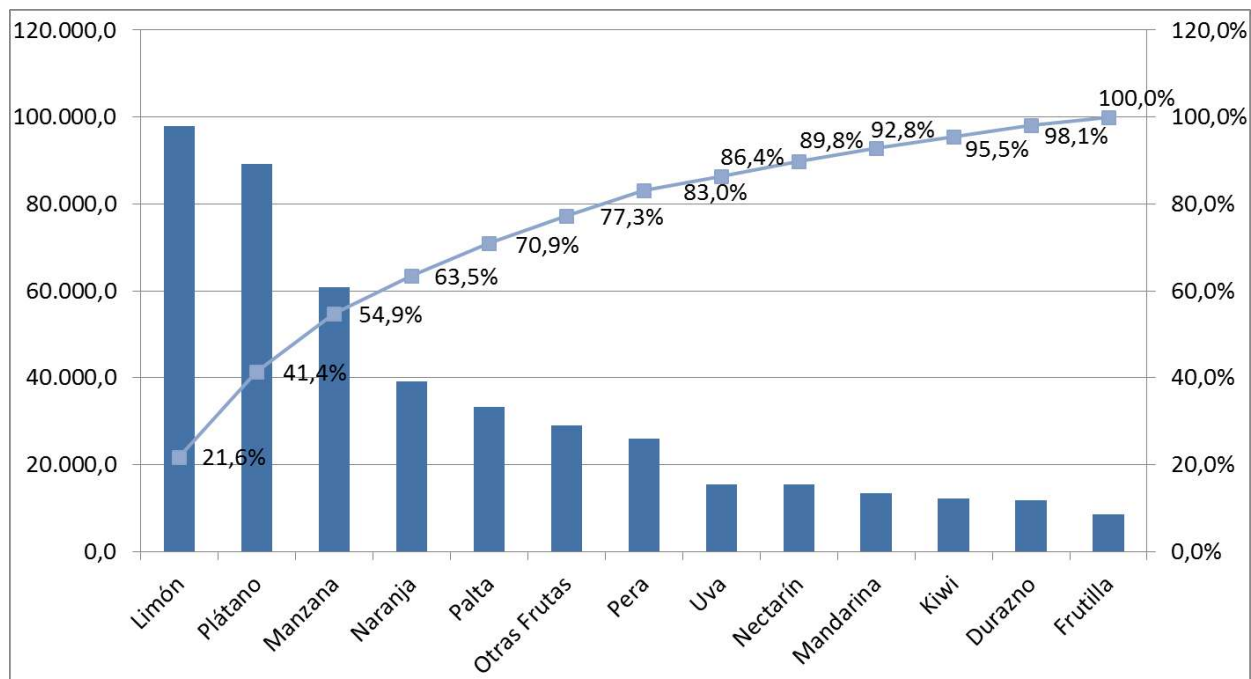


Ilustración 28: Producción de fruta fresca destinada al mercado nacional durante 2015.

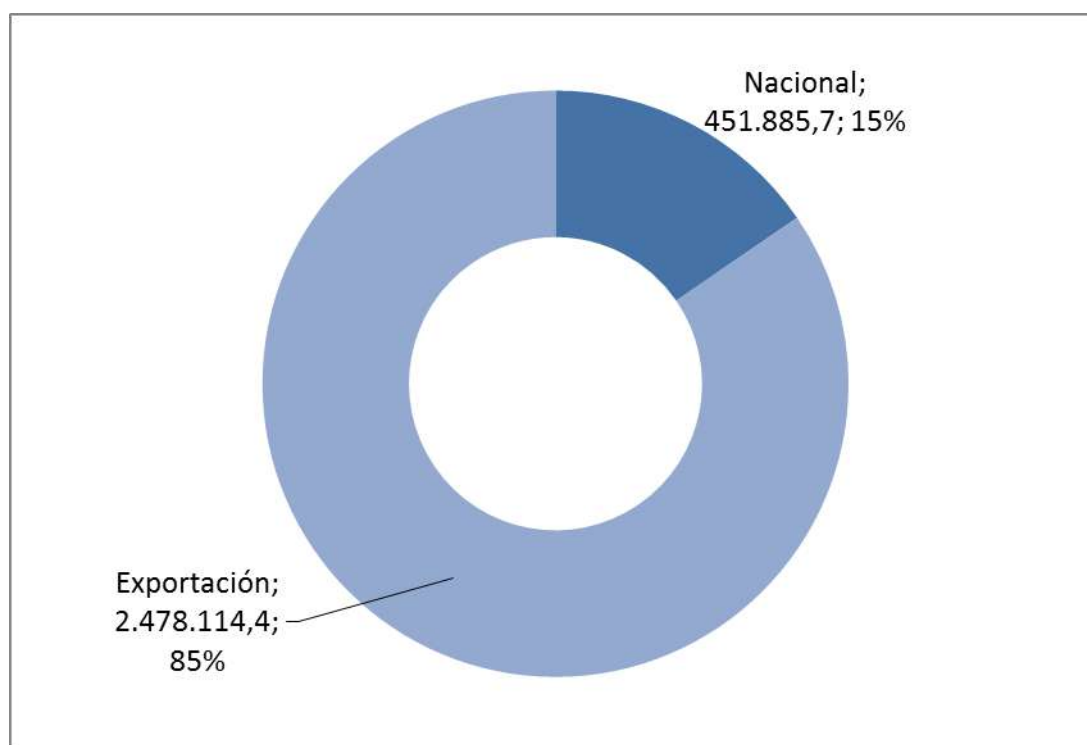


Ilustración 29: Distribución de producción nacional de fruta fresca destinada a mercado nacional e internacional.²⁴

²⁴ <http://www.odepa.cl/estadisticas/productivas>

Es importante destacar que la suma de estos dos valores no constituye el total de fruta procesada en el país, debido a que existe un volumen de fruta que va a dar a plantas de pulpa, jugos o deshidratados.²⁵

3.2. Aspectos productivos

Tal como se puede apreciar en Ilustración 30, la producción de fruta fresca nacional tiene como origen los predios frutícolas ubicados entre la III y la VII Región. Según datos publicados por la Asociación de Exportadores de Fruta de Chile (Asoex), la Región del Libertador Bernardo O'Higgins sigue siendo la principal zona productora del país, con un 28% del total de las exportaciones (662.858 [Ton.]), le sigue la Región del Maule con 24% (569.571 [Ton.]), y la Región de Valparaíso con el 16% del total de las exportaciones (379.556 [Ton.]). Las manzanas se producen principalmente en la región de región del Maule, con 424.885 [Ton.], seguida por la Región de O'Higgins con 249.573 [Ton.] Mientras que la producción de la uva de mesa se da prioritariamente en la región de O'Higgins con 186.028 Ton., seguida por la región de Valparaíso con 182.182 [Ton.]

Valparaíso es el principal puerto de embarque (51%), seguido por San Antonio (31%), ambas con caídas de 0,6% y 27,1%, respectivamente.²⁶

²⁵ http://www.prochile.gob.cl/wp-content/files_mf/1433335854PMP_Japon_Cerezas_2015.pdf

²⁶ <http://www.asoex.cl/component/content/article/25-noticias/117-temporada-fruticola-2013-2014-heladas-y-paro-portuario-ratifican-pronosticos-negativos-realizados-por-la-industria-de-la-fruta-chilena-de-exportacion.html>

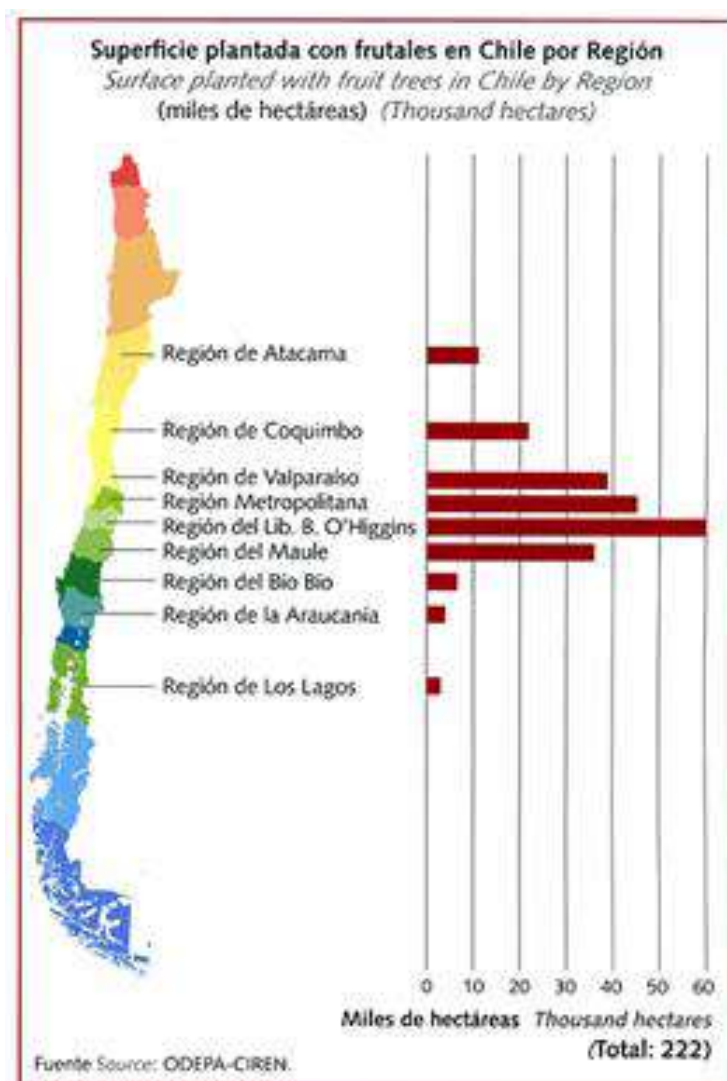


Ilustración 30: Distribución de superficie cultivada de frutales en Chile. Fuente: ODEPA-CIREN.

3.2.1. Sector del packing.

La unidad de Packing se integra al proceso productivo de la fruta fresca, una vez terminada la cosecha. Los procesos realizados en la industria del Packing tienen el propósito de seleccionar la fruta y empacarla para que ésta sea enviada directamente al embarque, a la bodega de productos terminados, o bien a la agroindustria.²⁷

El Estudio “Actualización del catastro de la agroindustria Hortofrutícola Chilena”, realizado por la Consultora IDEA, identificó cerca de 246 plantas procesadoras en el país, incluyendo 43 de aceites, 47 de congelados, 50 de conservas, 85 de deshidratados y 21 de jugos. Estas plantas se localizan desde la Región de Arica y Parinacota hasta la Región de Los Lagos, donde más del 25% de ellas (62 plantas) se ubican en la Región Metropolitana, un 22% (55 plantas) en la Región del Maule, y un 16% en la Región de Valparaíso y en la Región de O’Higgins (39 plantas).²⁸ Sin embargo, esta información incluye todo el sector agroindustrial y no especifica el tamaño del sector del Packing asociado.

²⁷ <http://www.revistas.uchile.cl/files/journals/121/articles/10610/public/10610-23857-1-PB.html>

²⁸ http://www.odepa.cl/wp-content/files_mf/1383165686Catastro_Agroindustrial_Informe_final.pdf

Para caracterizar específicamente el sector del packing, se tomará como referencia la información dada a conocer por Odepa, en el Catastro Frutícola de Cirén y SAG. Los resultados de dicha información serán descritos a continuación.

La información de la Tabla 23 y la Ilustración 31, muestra que el 75% de Agroindustrias se concentran entre las regiones de Valparaíso y Maule, donde se procesa el 76% de la fruta de cada temporada.

Tabla 23: Número de Agroindustrias y sus capacidades de procesamiento por región. (Fuente: www.odepa.cl)²⁹

| | Nº Agroindustrias | Procesamiento [ton/temporada] |
|----------------------|-------------------|-------------------------------|
| Atacama [2015] | 61 | 7.608 |
| Coquimbo [2015] | 81 | 51.845 |
| Valparaíso [2014] | 121 | 216.911 |
| Metropolitana [2014] | 207 | 251.943 |
| O'Higgins [2015] | 130 | 299.339 |
| Maule [2013] | 72 | 354.101 |
| Bío Bío [2012] | 21 | 229.620 |
| La Araucanía [2012] | 6 | 4.780 |
| Los Ríos [2012] | 8 | 20.998 |
| Los Lagos [2012]* | 3 | 7.650 |
| Total | 710 | 1.444.795 |

* Año que se realizó en catastro en la región.

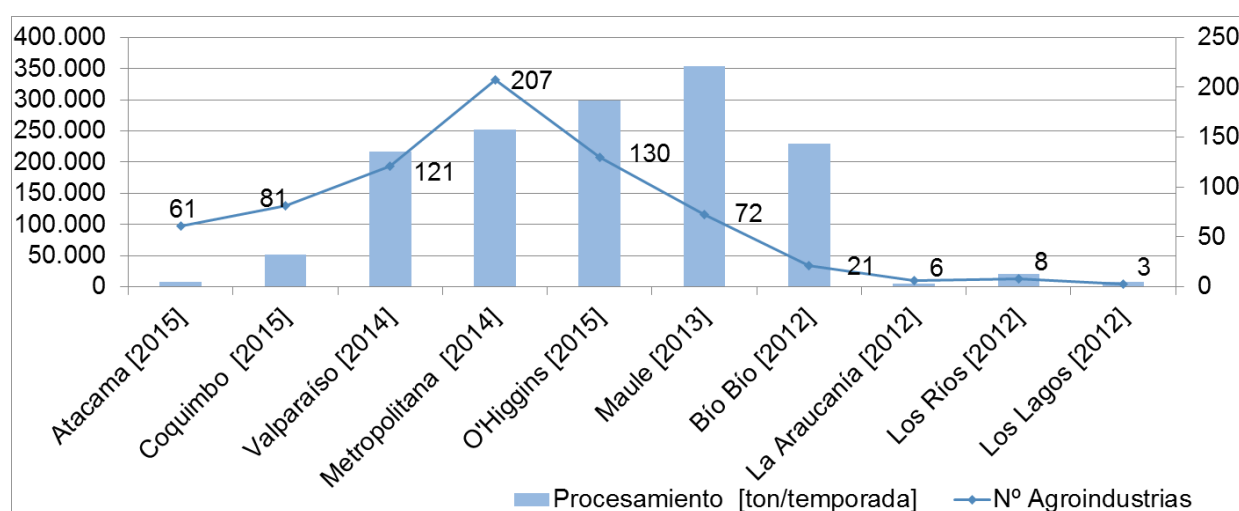


Ilustración 31: Número de agroindustrias y sus capacidades de procesamiento por región. (Fuente: www.odepa.cl)

²⁹ <http://www.odepa.cl/estadisticas/productivas>

En cuanto a las empresas de packing, la Tabla 24 y la Ilustración 32 muestran que el 90% de ellas se concentran entre las regiones de Coquimbo y Maule, donde se procesa el 94% de la fruta de cada temporada, concentrando la mayor producción en la VI. Región de O'Higgins.³⁰

Según se aprecia en Tabla 23, en la Región del Bío-Bío se sitúan menos empresas agroindustriales, teniendo sin embargo una alta capacidad de producción agrícola, lo cual refleja una mayor concentración de productores más que de industrias. Combinando lo anterior con lo reflejado en Tabla 24 e Ilustración 32, que muestran un alto número de empresas de packing pero una baja capacidad total de almacenamiento, se concluye que estos packings deberían ser satélites (para definición de 'packing satélite, ver sección 3.2.2) y que la mayor parte de la fruta producida en la región del Bío-Bío es enviada a plantas de packing en las regiones más al norte.³¹

Tabla 24: Número de empresas de packing y sus capacidades de almacenamiento por región. (Fuente: www.odepa.cl)³²

| | Número Packings [Empresas] | Capacidad total [ton/temporada] |
|----------------------|-----------------------------|---------------------------------|
| Atacama [2015] | 88 | 118.111 |
| Coquimbo [2015] | 206 | 191.421 |
| Valparaíso [2014] | 222 | 363.793 |
| Metropolitana [2014] | 226 | 511.421 |
| O'Higgins [2015] | 421 | 842.546 |
| Maule [2013] | 340 | 626.240 |
| Bío Bío [2012] | 175 | 35.265 |
| La Araucanía [2012] | 41 | 42.978 |
| Los Ríos [2012] | 26 | 6.848 |
| Los Lagos [2012] | 20 | 3.603 |
| Total | 1.765 | 2.742.225 |

³⁰ http://www.odepa.cl/wp-content/files_mf/1383165686Catastro_Agroindustrial_Informe_final.pdf

³¹ http://www.odepa.cl/wp-content/files_mf/1383165686Catastro_Agroindustrial_Informe_final.pdf

³² <http://www.odepa.cl/estadisticas/productivas>

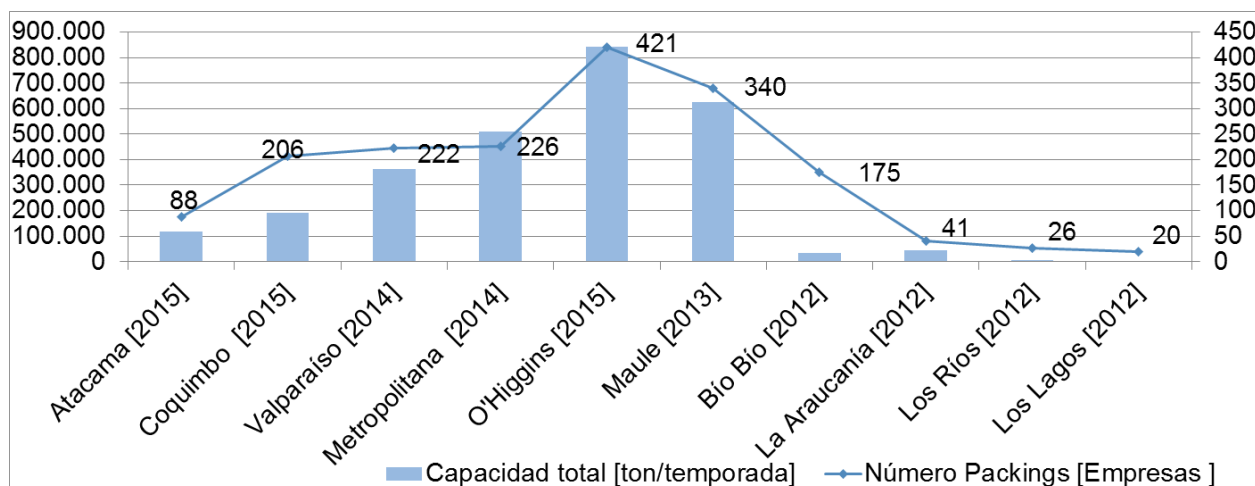


Ilustración 32: Número de empresas de packing y sus capacidades de almacenamiento por región. (Fuente: www.odepa.cl)

Al analizar la estadística elaborada por ODEPA en Tabla 24, que refleja el número de empresas de packing por región, es importante destacar que el dato acumulado del total de empresas de packing posiblemente considera a una misma empresa varias veces en diferentes regiones. Esto debido a que, según el análisis del mercado efectuado en el marco del presente estudio y ejemplificado en la Ilustración 33 con datos de 15 empresas de packing, las empresas por lo general operan plantas de packing en varias regiones del país.

Con el objetivo de conocer el número de plantas de packing por región, información que hasta la fecha no ha sido levantado por ODEPA y tampoco por el Servicio Agrícola y Ganadero (SAG), se procedió a levantar los datos de las 25 empresas de packing, que abarcan el 50% del mercado de exportación de fruta en Chile (para mayor información ver sección 4.1), en relación a la ubicación de sus plantas de packing a través de sus páginas web y contactos telefónicos. De estas 25 empresas se obtuvieron datos en relación a la ubicación de sus plantas de packing de 15 empresas, con un total de 57 plantas ubicadas en siete regiones del país, concentrándose la mayoría de estas plantas en las regiones Metropolitana, O'Higgins y Maule (ver Ilustración 31). Este resultado está en línea con la estadística anterior de número de empresas de packing por región, y con la estadística indicada más abajo, de concentración de cámaras de frío destinadas a fruta.

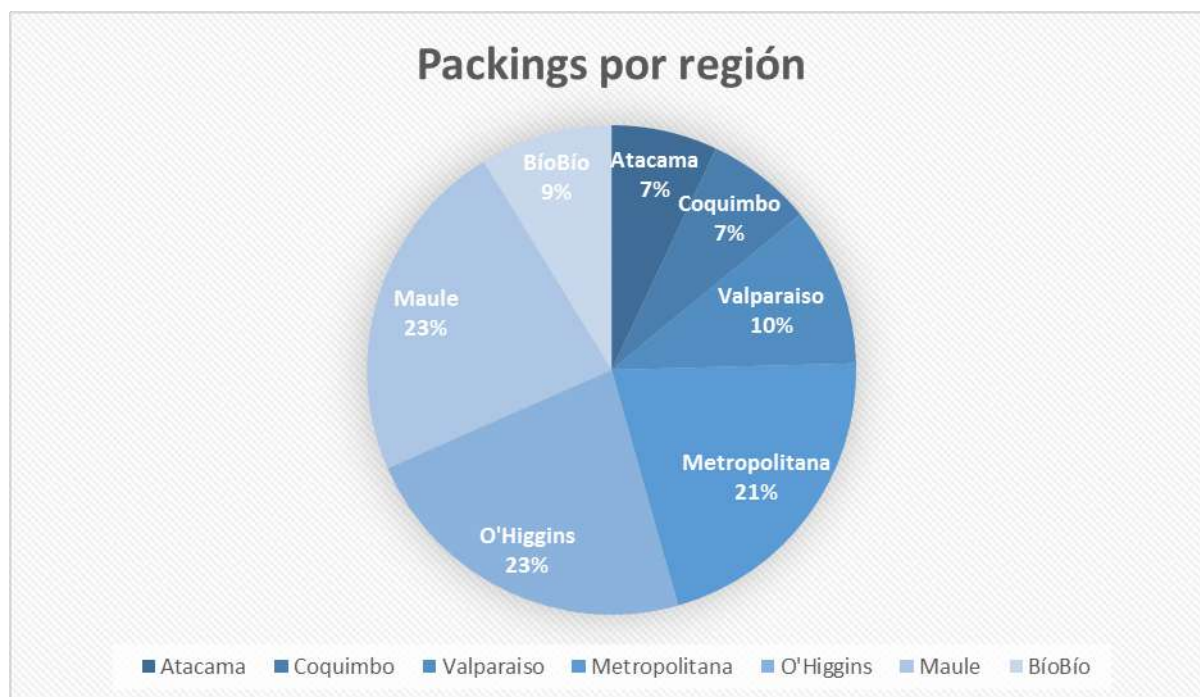


Ilustración 33: Distribución de plantas de packing de 15 empresas relevantes en la industria (Fuente: Elaboración propia a partir del análisis de actores de la industria)

Según la experiencia del equipo consultor y avalado por los resultados del estudio "Incorporación de tecnologías innovadoras para aumentar la competitividad en instalaciones de embalaje y frío para manzanas y cerezas de exportación en la Región de O'Higgins a través de eficiencia energética y energías renovables", desarrollado por la Fundación de Desarrollo Frutícola (FDF),³³ se estima que el consumo energético de los diferentes sistemas de refrigeración y enfriamiento que se encuentran en las plantas de packing es cercano al 60% de la energía eléctrica total consumida por la planta. Por ende, se consideró importante analizar la ubicación geográfica y capacidad de almacenamiento de las cámaras de prefrío, frío y de atmósfera controlada debido a que las intervenciones en relación a medidas de eficiencia energética e incorporación de Energías Renovables No Convencionales (ERNC) probablemente se centren en estos sistemas (estos datos serán corroborados en las etapas siguientes del presente estudio).

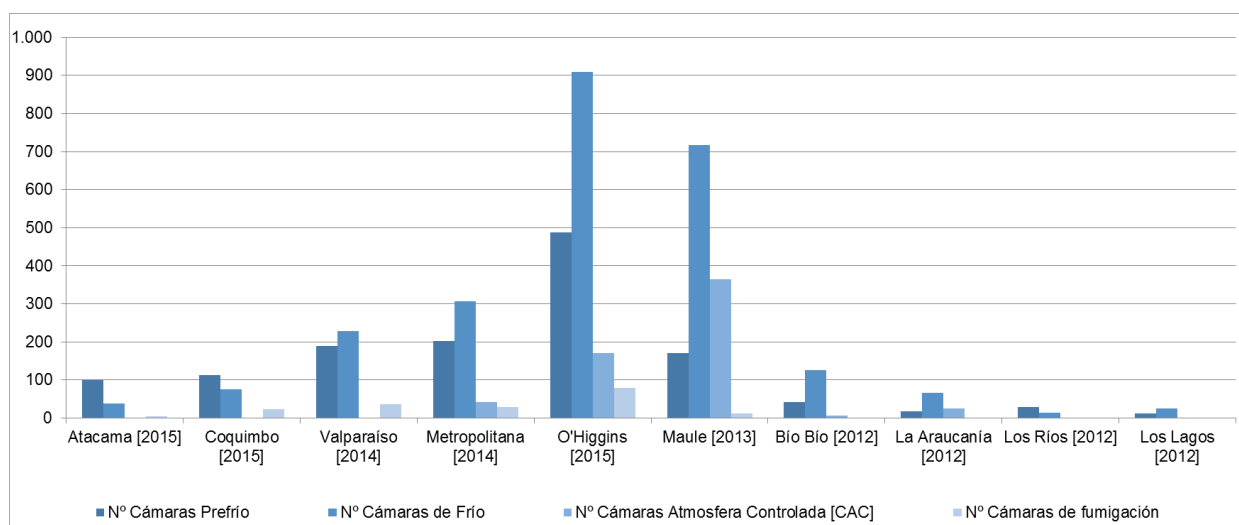
El gráfico de la Ilustración 32 muestra la concentración de los distintos tipos de cámaras existentes dentro de un proceso de packings, lo cual muestra claramente que el 75% de las unidades existentes en el país se encuentra entre la región Metropolitana y el Maule, con casi 3.500 unidades.³⁴

³³ <https://noticias.terra.cl/chile/identifican-oportunidades-de-uso-eficiente-de-energia-en-packing-de-la-region-de-ohiggins,51b1a0275e2e6410VgnCLD200000b2bf46d0RCRD.html>

³⁴ http://www.odepa.cl/wp-content/files_mf/1383165686Catastro_Agroindustrial_Informe_final.pdf

Tabla 25: Número de cámaras de prefriío, frío, atmósfera controlada y de fumigación por región. (Fuente: www.odepa.cl)³⁵

| | Nº Cámaras Prefriío | Nº Cámaras de Frío | Nº Cámaras Atmósfera Controlada [CAC] | Nº Cámaras de fumigación |
|----------------------|---------------------|--------------------|---------------------------------------|--------------------------|
| Atacama [2015] | 99 | 38 | | 5 |
| Coquimbo [2015] | 113 | 75 | | 23 |
| Valparaíso [2014] | 189 | 229 | | 37 |
| Metropolitana [2014] | 202 | 307 | 42 | 28 |
| O'Higgins [2015] | 488 | 909 | 171 | 79 |
| Maule [2013] | 170 | 717 | 365 | 13 |
| Bío Bío [2012] | 42 | 125 | 7 | |
| La Araucanía [2012] | 18 | 67 | 26 | |
| Los Ríos [2012] | 28 | 14 | | |
| Los Lagos [2012] | 12 | 25 | | |
| Total | 1.361 | 2.506 | 611 | 185 |

**Ilustración 34: Número de cámaras de prefriío, frío, atmósfera controlada y de fumigación por región. (Fuente: www.odepa.cl)**

A mayor volumen de capacidad de almacenamiento, mayor es el gasto de energía eléctrica asociado. Los datos en Tabla 26 y el gráfico de la Ilustración 35 muestran la concentración de la capacidad de almacenamiento de los distintos tipos de cámaras existentes dentro de un proceso de packing, mostrando que el 85% de las unidades existentes en el país se encuentra

³⁵ <http://www.odepa.cl/estadisticas/productivas>

entre la región de Valparaíso y el Maule, con casi 13 millones de metros cúbicos de procesamiento y almacenamiento.

Tabla 26 Capacidades de almacenamiento en cámaras de prefrió, frío, atmósfera controlada y de fumigación por región. (Fuente: www.odepa.cl)³⁶

| | Cámaras Prefrió (m ³) | Cámaras de Frío (m ³) | Cámaras Atmósfera Controlada (m ³) | Cámaras de Fumigación Capacidad (kg/día) |
|----------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|--|--|
| Atacama [2015] | 33.340 | 67.096 | | 104.400 |
| Coquimbo [2015] | 44.620 | 166.000 | | 268.971 |
| Valparaíso [2014] | 50.381 | 369.877 | | 740.310 |
| Metropolitana [2014] | 274.844 | 3.621.681 | 251.154 | 800.409 |
| O'Higgins [2015] | 184.014 | 1.873.285 | 353.978 | 1.158.897 |
| Maule [2013] | 50.926 | 1.473.815 | 1.390.288 | 370.808 |
| Bío Bío [2012] | 3.792 | 144.628 | 9.208 | |
| La Araucanía [2012] | 7.820 | 110.204 | 35.200 | |
| Los Ríos [2012] | 20.213 | 1.806 | | |
| Los Lagos [2012] | 1.904 | 10.529 | | |
| Total | 671.854 | 7.838.921 | 2.039.828 | 3.443.795 |

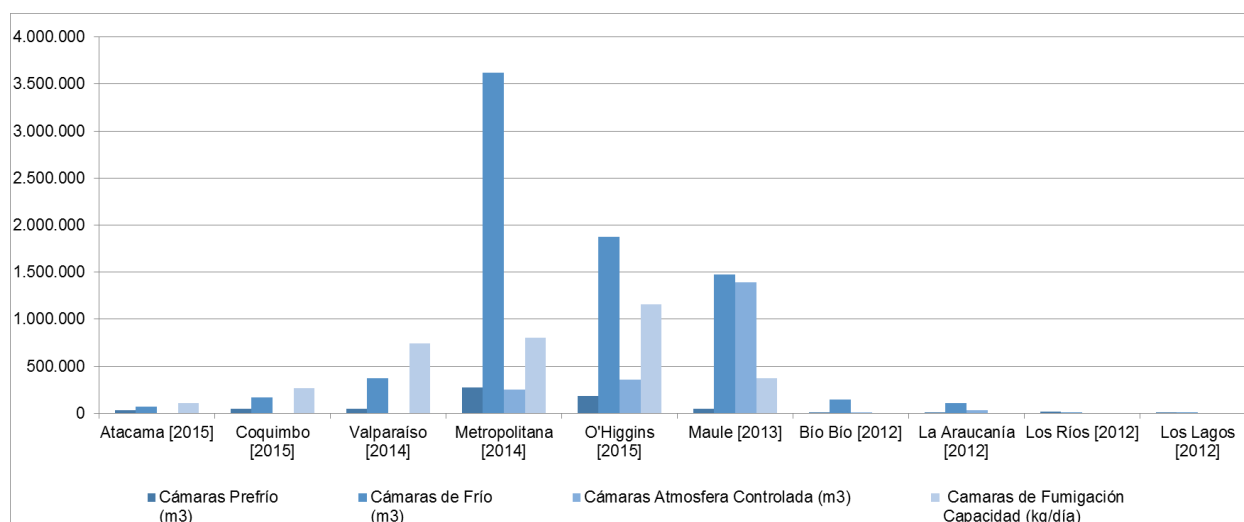


Ilustración 35: Capacidades de almacenamiento en cámaras de prefrió, frío, atmósfera controlada y de fumigación por región. (Fuente: www.odepa.cl)

A partir de la información levantada, se realizó un análisis estadístico para entender la mejor relación entre la concentración de industrias y las superficies plantadas de frutales, de tal forma

³⁶ <http://www.odepa.cl/estadisticas/productivas>

que permita caracterizar de mejor forma los procesos y potenciales proyectos asociados, lo que permitirá enfocar los esfuerzos de los análisis asociados a la caracterización energética del sector.³⁷

Tabla 27: Variables de entrada para el análisis estadístico.³⁸

| Infraestructura | Atacama | Coquimbo | Valparaíso | Metropolitana | O'Higgins | Maule | Bío Bío | La Araucanía | Los Ríos | Los Lagos |
|---------------------------|---------|----------|------------|---------------|-----------|--------|---------|--------------|----------|-----------|
| Nº Cámaras de Frío | 38 | 75 | 229 | 307 | 909 | 717 | 125 | 67 | 14 | 25 |
| Nº Cámaras Prefrío | 99 | 113 | 189 | 202 | 488 | 170 | 42 | 18 | 28 | 12 |
| Nº Cámaras Frío y Prefrío | 137 | 188 | 418 | 509 | 1.397 | 887 | 167 | 85 | 42 | 37 |
| Número Packings | 88 | 206 | 222 | 226 | 421 | 340 | 175 | 41 | 26 | 20 |
| Nº Agroindustrias | 61 | 81 | 121 | 207 | 130 | 72 | 21 | 6 | 8 | 3 |
| Superficie Regional (há) | 10.796 | 27.776 | 47.053 | 48.824 | 77.303 | 62.034 | 11.232 | 7.303 | 2.692 | 1.573 |

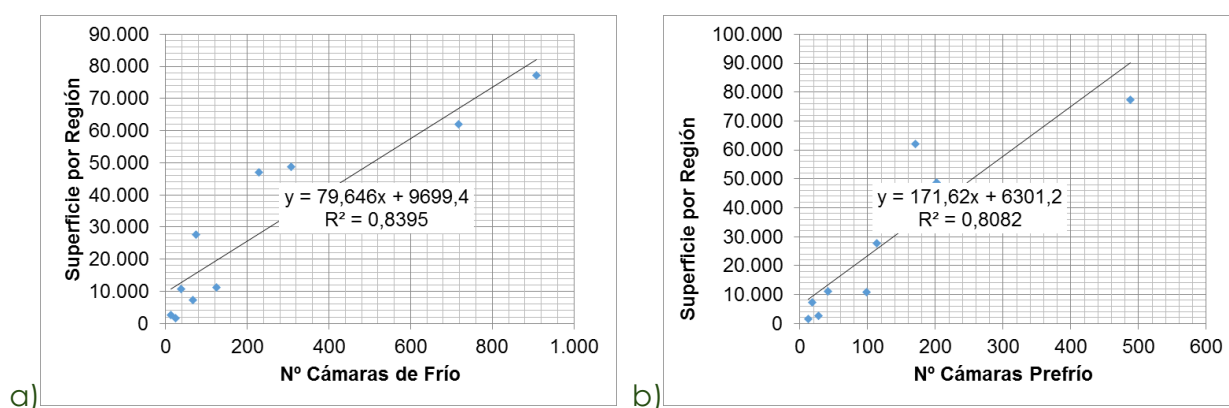


Ilustración 36 a) y b) Análisis estadístico entre a) Superficie y cámaras de frío por región, y b) Superficie y Cámaras de prefrío por región.

³⁷ http://www.odepa.cl/wp-content/files_mf/1383165686Catastro_Agroindustrial_Informe_final.pdf

³⁸ <http://www.odepa.cl/estadisticas/productivas>

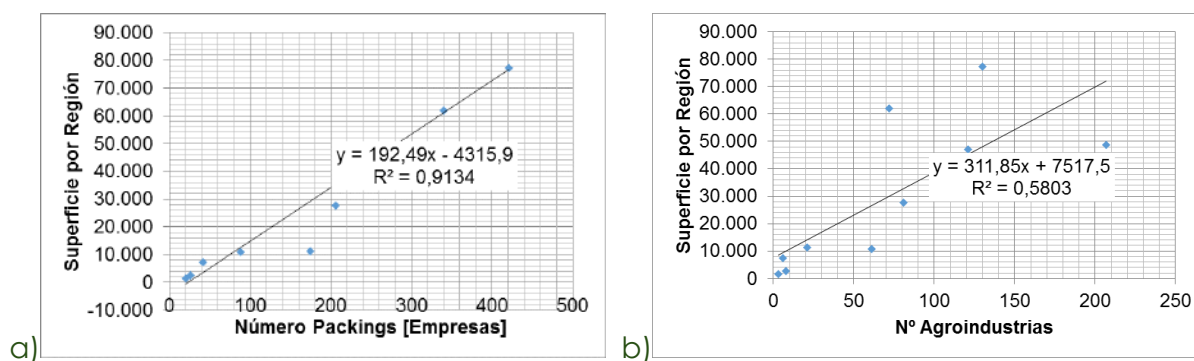


Ilustración 37: a) y b): Análisis estadístico entre a) Superficie y número de packings por región, y b) Superficie y número de agroindustrias por región.

Los resultados mostrados en Ilustración 36 e Ilustración 37, permiten identificar que existe una alta correlación entre la superficie plantada de frutales y el número de empresas de packing por región (0,91), seguida de la correlación entre la superficie plantada de frutales y el número de cámaras de frío por región. Esto asegura la concentración de la producción y la viabilidad de implementar medidas específicas a un gran número de unidades productivas.

3.2.2. Tipos de packing.

Dentro de la cadena de valor de la producción frutícola, la unidad de packing es el recinto donde se realiza la selección y el embalaje de las frutas frescas. Por experiencia del equipo consultor, dentro de esta categorización, se excluyen los packing de hortalizas, ya que son unidades muy pequeñas, cuyas potencias de frío rara vez superan los 20[KW] en sus unidades de frío. Además su mercado objetivo es el nacional, por lo cual los períodos de almacenamiento son muy reducidos.

Se propone segmentar las unidades de la siguiente manera con el objetivo de facilitar su correcta evaluación energética (Ver Ilustración 41):

- **Packing Satélite³⁹:** Este tipo de packing se encuentra en el predio agrícola o muy cercano a este. Es utilizado en la producción de frutas más delicadas, a fin de evitar que estas se dañen por el transporte, es típico en uva y algunos tipos de berries, como la frambuesa y la mora. En estas unidades puede existir una unidad de fumigación y otra de frío de baja potencia, que es utilizada sólo en períodos de alta demanda, ya que por lo general la fruta paletizada es enviada rápidamente a un packing industrial. Según la experiencia del equipo consultor, la potencia de estas unidades no es mayor al 50[KW] (Ilustración 38 y Ilustración 39).

³⁹ Clasificación utilizada por la industria.



Ilustración 38: Imágenes de packing satélite (Fuente: web)



Ilustración 39: Imágenes de packing satélite autorizado por SAG (Fuente: www.sag.cl/)

- Packing Industrial⁴⁰: Esta unidad productiva cuenta con múltiples líneas de producción, con túneles de prefrió, y cámaras de frío para almacenamiento de corto y de largo plazo (cámaras de atmosfera controlada) previo al despacho a puerto (Ilustración 40).



Ilustración 40: Imágenes de packing industrial (Fuentes: <http://www.frusan.cl/> <http://www.geexsa.com/>)

⁴⁰ Clasificación para el presente estudio conforme a la presencia o ausencia de unidades de almacenamiento en frío.

En algunos casos, uno se encuentra con packings industriales que sólo poseen unidades de empackado y no de frío, sin embargo son situaciones poco frecuentes dentro del sector.

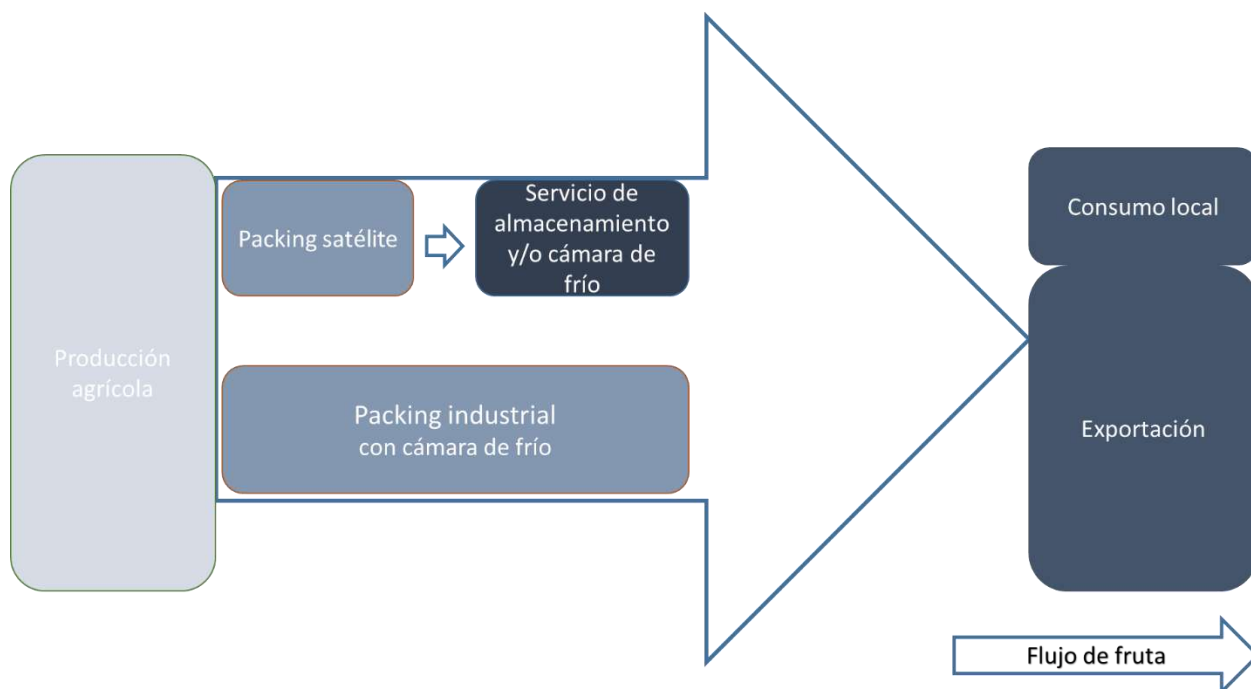


Ilustración 41: Esquema tipos de packing de fruta. (Fuente: elaboración propia a partir de entrevistas a actores clave de la industria del packing)

Es importante destacar que dentro de la industria frutícola el packing siempre se encuentra integrado en empresas que realizan no solo el proceso de packing, excepto en empresas muy especializadas que prestan el servicio de packing satélite. De acuerdo a nuestro análisis, y como se verá en detalles en el punto 4.1, las empresas que realizan packing de fruta son en su mayoría exportadoras (más del 50% del mercado como se puede ver en Tabla 29), estas cuentan con packing industriales capaces de procesar y almacenar fruta de diferentes productores, para su exportación. En menor medida el packing se integra con la producción agrícola, pero estos resultan menos interesantes para los términos de este estudio, ya que en su mayoría se trata de packing satélite, ubicados en el mismo predio productivo, que tiene un muy bajo consumo de energía, en su mayoría solo para iluminación.

En base a los datos levantados por Odepa en relación a la cantidad de unidades productivas y sus volúmenes de almacenamiento expuestos en sección 3.2.1 'Sector del Packing', se procedió a determinar un volumen medio de las cámaras de frío, prefrió, y atmósfera controlada a partir de una correlación entre la cantidad de unidades y sus volúmenes asociados, tal como se muestra en la Ilustración 42. Estas poseen volúmenes medios de 1.451[m³] (frío), 342[m³] (prefrió), y 2.137[m³] (atmósfera controlada) respectivamente. Esta información es de utilidad para el desarrollo de los objetivos posteriores asociados a la caracterización energética.

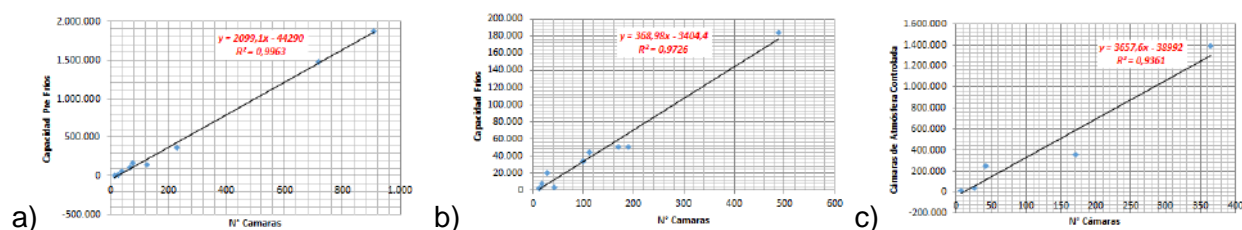


Ilustración 42: a), b), c): Análisis estadístico entre a) Cámaras de Pre Frío, b) Cámaras de frío y c) Cámaras de Atmósfera Controlada por unidades productivas región (Elaboración Propia en base a información de ODEPA).

Cabe destacar que un componente no considerado en este estudio, es el de las empresas de servicio de frío, esquematizadas en cuadro superior de Ilustración 41, ya que éstas no cuentan con procesos de packing y son sólo proveedores de servicios de frío para los packings durante el período de espera del barco rumbo a su destino final. Además, estas unidades no sólo almacenan productos asociados a la industria de la fruta fresca, sino que también almacenan otros productos perecibles⁴¹. Es relevante de mencionar que en las estadísticas levantadas por ODEPA sí se contemplan dichas unidades, lo que hace muy difícil poder alinear las unidades de las industrias exportadoras con la cantidad real de unidades productivas.

3.2.3. Proceso de packing

Los packing de frutas son unidades productivas que nacen para seleccionar y empacar aquella fruta que destinada a la exportación, mercado nacional, o como destino a las plantas procesadoras de frutas (principalmente plantas de pulpas, jugos o deshidratados).

Productivamente, una planta de packing contempla:

- Recepción de Fruta
- Lavado y Secado;
- Selección;
- Etiquetado y Embalaje;
- Paletizado
- Prefrío;
- Almacenamiento.

En un packing satélite, los procesos son más simples y menos tecnificados. La recepción se realiza a medida que se recolecta la fruta del predio agrícola y no contempla prefrío o almacenamiento en la instalación.

A continuación se describen los procesos de manera general. Estos pueden variar en función del tipo de fruta, su fragilidad y tamaño. Por otro lado, el proceso productivo de estas unidades es altamente estacional, siendo determinado por las épocas breves de cosechas y alternancia de los frutos procesados, lo cual influye directamente en el comportamiento energético de las plantas. Si bien estos procesos varían en función de los tipos de frutas, los que a continuación se describen son los procesos comunes a todas ellas, un mayor detalle de los procesos será realizado en el objetivo 4.

⁴¹ <http://www.icestar.cl/servicios.html>
<http://www.almafrigo.cl/3>
<http://www.frigobuin.cl/frigorifico.html>

3.2.3.1. Recepción de fruta

Cada packing contempla una zona encargada de recibir la fruta que proviene de los cultivos agrícolas en bins, cajas de material plástico como las ejemplificadas en la Ilustración 43. Aquí estos bins son descargados con grúas horquillas, para el ingreso al proceso (Ilustración 44). Al inicio del proceso de packing normalmente se ubica un dispositivo que permite el ingreso de la fruta, volteando el contenido de los bins para aplicarles el método de hidrogenfriado, u otra alternativa para bajar la temperatura de la fruta.



Ilustración 43: Bins empleados en transporte de fruta fresca (Fuente: Visita planta Gesex Buin).

El hidrogenfriado es un equipo que permite bajar rápidamente la temperatura de la pulpa de la fruta proveniente del huerto. Para ello, se usa una ducha de agua muy fría que se aplica a la fruta en los bins, en una piscina o en cajas. Los equipos para el hidrogenfriado están contruidos con serpentines refrigerados con un flujo de agua que oscila entre los 600 y 1.000 [L/min.] Se puede utilizar en la mayoría de los productos cosechados, como carozos (ciruelas, duraznos); pomáceas (peras, manzanas), espárragos, cerezas, entre otros.⁴²

⁴² http://www.fdf.cl/biblioteca/publicaciones/2010/archivos/BPE_2010_PDF.pdf



Ilustración 44: Vista recepción de fruta, planta Gesex (Buin).

3.2.3.2. Lavado y secado

Una vez ingresada a la línea de producción, la fruta es desinfectada y lavada (Ilustración 45), pasando posteriormente a las etapas de encerado y secado, que generalmente son realizadas con secadores a gas, lo cual ocurre principalmente con cítricos, y pomáceas.



Ilustración 45: Vista lavado y secado de fruta, planta Gesex (Buin).

3.2.3.3. Selección

La fruta ingresada es clasificada en las mesas de selección, separando los frutos de exportación de aquellos que serán destinados para venta en el mercado nacional o para otro tipo de proceso industrial. Normalmente esta área se compone de una línea troncal con una serie de mesas laterales, donde la selección primaria de la fruta se hace de forma electrónica con información predefinida.

Durante la selección, se separa la fruta que presenta algún tipo de daño y/o defecto tales como machucones, heridas, sobremadurez, bajo calibre, daños por insectos etc. (Ilustración 46. La fruta seleccionada es clasificada por tamaño y color, para ser embalada en bandejas y /o cajas apropiadas según el mercado de destino.⁴³



Ilustración 46: Vista proceso de selección de fruta, planta Gesex (Buin).

3.2.3.4. Etiquetado y embalaje

Una vez seleccionada la fruta, ésta pasa a una etapa donde se le incorpora una etiqueta a la fruta (Ilustración 47), y al igual que la etapa de selección, existe una cinta troncal y una serie de mesas laterales, donde la fruta es colocada en las cajas, las cuales mediante correas transportadoras llega al sector de paletizado.



Ilustración 47: Vista proceso de etiquetado y embalaje de fruta, planta Gesex (Buin).

⁴³ http://www.fdf.cl/biblioteca/publicaciones/2010/archivos/BPE_2010_PDF.pdf

3.2.3.5. Paletizado

La zona de paletizaje del packing consiste en un espacio donde las cajas embaladas con fruta son apiladas de manera ordenada y lógica sobre estructuras conocidas como pallets, que pueden ser de madera o bien plásticos (Ilustración 48).

Dado que cada caja responde a una calidad de fruta determinada, definida generalmente por su calibre es que en esta etapa se forman pallets de fruta en función de las características comunes de cada caja.



Ilustración 48: Vista paletizado, planta Gesex (Buin).

3.2.3.6. Prefrío

Cada pallet es transportado por una grúa al sector de los túneles de prefrío, donde mediante curvas de temperaturas predefinidas, los pallets son preenfriados, antes de ingresar a las cámaras de almacenamiento (Ilustración 49).

Para retardar los procesos fisiológicos, la fruta se debe enfriar rápidamente al finalizar el embalaje de la misma. El enfriado cumple un rol importante también en la reducción del desarrollo de algunos hongos, que empeoran considerablemente la condición de la fruta.⁴⁴

⁴⁴ http://www.fdf.cl/biblioteca/publicaciones/2010/archivos/BPE_2010_PDF.pdf



Ilustración 49: Vista cámara de prefrió, planta Gesex (Buin).

3.2.3.7. Almacenamiento

En esta etapa, los pallets son ordenados por zonas, donde esperarán el camión frigorífico para su transporte al puerto (Ilustración 50). El período de almacenamiento es relativo, dependiendo de la comercialización, existiendo cámaras de almacenamiento con atmósfera controlada, donde a partir de un ambiente con bajo oxígeno se retarda aún más la maduración, pudiendo ser almacenada la fruta durante meses en estas condiciones sin alterar su calidad. De esta forma, la fruta se debe almacenar a bajas temperaturas para retardar los procesos fisiológicos y alargar la vida de postcosecha.

Según la experiencia del equipo consultor y avalado por los resultados del estudio "Incorporación de tecnologías innovadoras para aumentar la competitividad en instalaciones de embalaje y frío para manzanas y cerezas de exportación en la Región de O'Higgins a través de eficiencia energética y energías renovables", desarrollado por la Fundación de Desarrollo Frutícola (FDF), ⁴⁵, se estima que el consumo energético de los diferentes sistemas de refrigeración y enfriamiento que se encuentran en las plantas de packing es cercano al 60% de la energía eléctrica total consumida por la planta. Este valor será validado o corregido una vez que se avancen en los objetivos del presente estudio.



Ilustración 50: Vista cámara de frío, planta Gesex (Buin).

⁴⁵ <https://noticias.terra.cl/chile/identifican-oportunidades-de-uso-eficiente-de-energia-en-packing-de-la-region-de-ohiggins,51b1a0275e2e6410VgnCLD200000b2bf46d0RCRD.html>

4. Actores clave de la industria

Para la identificación de actores clave en la industria del packing, se elaboró el mapa de actores representado en la Ilustración 51.

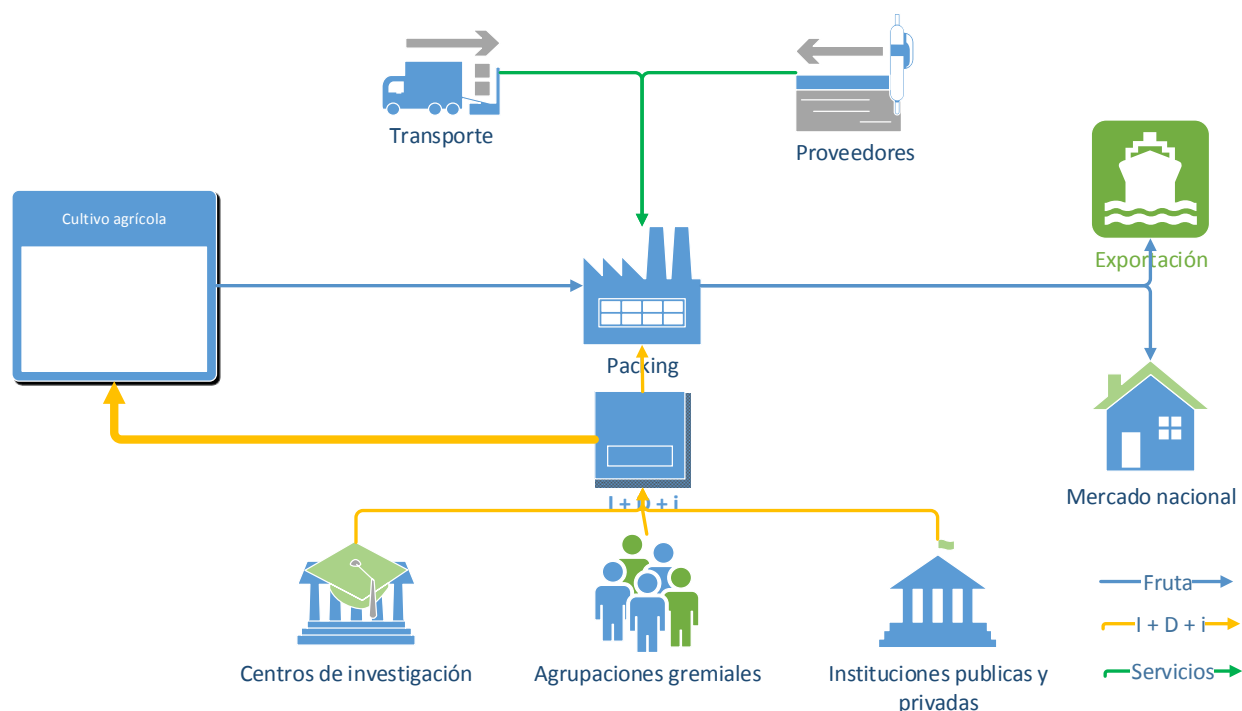


Ilustración 51: Mapa de actores de la industria del packing (Fuente: Elaboración propia a partir de entrevistas a actores de la industria).

A modo general, cabe destacar que el foco de atención de los diferentes actores, como los centros de investigación, las asociaciones gremiales e instituciones públicas, ha estado centrado en el cultivo agrícola como tal, dejando en segundo plano a las plantas de packing. Esto ha derivado en que este sector se ha concentrado en cumplir con los estándares exigidos por el mercado, pero no ha incrementado su eficiencia de manera significativa, ni ha estandarizado procesos como lo han hecho otras agroindustrias, como la vitivinícola por ejemplo. Este es un hecho planteado por los mismos actores, como la Fundación para el Desarrollo Frutícola (FDF), y Asociación de Exportadores de Chile ASOEX, que durante el desarrollo del estudio, se mostraron muy interesados en mejorar los estándares de la industria.

Tabla 28: Reuniones con actores relevantes de la industria del packing.

| Institución | Cargo | Fecha | Detalles |
|-----------------|---|---------------|---|
| Empresa GESEX | Subgerente de Operaciones | 06 de julio | Visita a planta packing, análisis de proceso productivo. |
| A.G. ASOEX | Secretario General | 12 de julio | Información del sector packing, recomendación de actores relevantes, disponible para difundir información a socios, interés por incorporar energía solar en sector. |
| Chilealimentos | Gerente General | Sin concretar | No fue posible reunirnos, compartió información via mail sobre sector y se mostró disponible para difundir información a socios. |
| Fedefruta | Ingenieros de proyecto | 11 de julio | Interesadas en apoyar proyecto, concertamos reunión con superior. |
| Fedefruta | Gerente Desarrollo | 18 de julio | Entregó información sobre A.G. y sector, dispuesto a difundir información de proyecto, interesados en EE y ERNC. |
| ACERA | Area comunicaciones Ingeniero estudios | 13 de julio | Tiene poca información sobre packing, no tiene conocimiento de proyectos en sector, disponibles para difundir encuesta a socios. |
| CAMCHAL | Project Manager | 14 de julio | Suministraron información obtenida en el marco del proyecto „Smart Energy Concepts Chile“ sobre empresas inscritas que pueden tener packing. |
| ACESOL | Encargada | Sin concretar | No fue posible contactarla a la fecha, no contesta mails ni ubicable por telefono en oficina. |
| ACHÉE | Encargado estudio | 19 de julio | Realizaron proyecto que abarcó 2 empresas de packing, desconocen detalle de resultados, en proceso de obtener autorización para conocer detalles de estudio. |
| ANESCO | Gerente | 25 de julio | Muy interesada en apoyar proyecto, sugirió teminar estudios con un encuentro entre empresas de packing y proveedores de EE y ERNC. |
| FDF | Encargado energia | 13 de julio | Solicitó antecedentes de GIZ, reconoce potencial de desarrollo de EE y ERNC en industria. |
| David del Curto | Encargado energia | 19 de julio | Se visitó plantas Buin y Requinoa, estan evaluando aplicar Sistema de Gestión de Energía (SGE) en ambas plantas. |
| Subsole | Gerencia sustentabilidad | 29 de julio | Empresa comprometida con la sustentabilidad, cuentan con dos plantas fotovoltaicas para alimentar bombeo de agua e iluminación de packing. Actualmente prospectando instalar paneles solares en techos de packing y frigoríficos. |

4.1. Empresas de packing

A diferencia de otros sectores productivos, las barreras de entrada a la industria de la fruta y el sector packing son muy bajas. Por este motivo, existe una gran cantidad de empresas de packing de fruta de tamaños pequeños y medianos. Sin perjuicio de lo anterior, existen un número de empresas de mayor tamaño, definido por su volumen de exportación, las cuales exportan fruta de producción propia, de empresas relacionadas y de productores menores.

De las 255 empresas de packing identificadas, a partir de levantamiento del equipo consultor, se obtuvieron datos productivos de 140 de ellas. Estas 140 empresas llegan a abarcar el 75,81% del mercado de exportación de fruta del país. La empresa Frusan lidera el mercado con un 4,38%, seguida por Dole con un 4,3% y Subsole con un 3,9%. Las 25 empresas más grandes de packing indicadas en la Tabla 29 abarcan el 50% del mercado nacional.

Tabla 29: Principales empresas de packing en Chile (Fuente: Elaboración propia a partir de datos de ASOEX, FEDEFruta y Chilealimentos).

| Empresa | % del mercado total ⁴⁶ | Asociación a que pertenecen | Razón Social |
|-------------------|-----------------------------------|-----------------------------|--|
| Frusan | 4,38% | ASOEX | Frutera San Fernando S.A. |
| Dole | 4,30% | ASOEX | Dole Chile S.A. |
| | | FEDEFruta | |
| Exp. Subsole | 3,90% | ASOEX | Exportadora Subsole S.A. |
| | | FEDEFruta | |
| Unifrutti | 3,19% | ASOEX | Exportadora Unifrutti Traders Ltda. |
| Copefrut | 3,03% | ASOEX | Copefrut S.A. |
| David del Curto | 2,45% | ASOEX | David Del Curto S.A. |
| | | Chilealimentos | |
| Propal | 2,36% | ASOEX | Exportadora Propal S.A. |
| Hortifrut | 2,05% | ASOEX | Hortifrut Chile S.A. |
| Frutexsa | 2,00% | Chilealimentos | Frutas De Exportación S.A. |
| Agricom | 1,91% | ASOEX | Sociedad Agrícola Y Comercial Ltda. |
| Exp. San Clemente | 1,87% | ASOEX | Exportadora San Clemente S.A. |
| Del Monteb Fresh | 1,81% | ASOEX | Del Monte Fresh Produce (Chile) S.A. |
| | | Chilealimentos | |
| Gesex | 1,75% | | Gestión De Exportaciones Frutícolas S.A. |

⁴⁶ Datos obtenidos de www.mercantil.com

| | | | |
|-------------------------|-------|----------------|---|
| Aconcagua Foods | 1,69% | Chilealimentos | Aconcagua Foods S.A. |
| Alifrut | 1,66% | Chilealimentos | Alimentos Y Frutos S.A. |
| San Francisco Lo Garcés | 1,66% | ASOEX | Sociedad San Francisco Lo Garcés Ltda. |
| Soc. Exp. Verfrut | 1,48% | ASOEX | Sociedad Exportadora Verfrut S.A. |
| Comfrut | 1,46% | Chilealimentos | Comfrut S.A. |
| Exp. Frutam | 1,34% | ASOEX | Exportadora Frutam Ltda. |
| Comercial Greenvic | 1,21% | ASOEX | Comercial Greenvic S.A. |
| Prunesco | 1,11% | Chilealimentos | Prunesco S.A. |
| AgroBerries | 1,07% | ASOEX | Exportadora E Inversiones Agroberries Ltda. |
| Exser | 1,03% | ASOEX | Servicios De Exportaciones Frutícolas Exser Ltda. |
| Exp. Anakena | 1,01% | Chilealimentos | Exportadora Anakena Ltda. |
| Exp. Geofrut | 1,00% | ASOEX | Exportadora Geofrut Ltda. |

4.2. Asociaciones gremiales

El rubro frutícola se caracteriza por ser altamente organizado en asociaciones gremiales con una importante trayectoria. Se identificaron dos asociaciones como las más relevantes para el sector del packing: Por un lado, la Asociación de Exportadores de Frutas de Chile A.G. (ASOEX), que agrupa a más de 350 empresas productoras y/o exportadores de fruta fresca⁴⁷, y la Federación Gremial Nacional de Productores de Fruta (FEDEFruta) que agrupa a más de veinte asociaciones gremiales con más de 1000 productores de frutas y hortalizas a nivel nacional⁴⁸. Con menor cantidad de empresas, pero no menos relevante para los términos del presente estudio, se consideró a la Asociación de Empresas de Alimentos de Chile (Chilealimentos), dado que los packing de fruta congelada son socios de Chilealimentos, siendo empresas de tamaño considerable en cuanto producción y facturación, y por su proceso productivo, son altamente intensivas en el consumo de energía, principalmente energía eléctrica para procesos de refrigeración. Al mismo tiempo, Chilealimentos se caracteriza por ser una asociación gremial activa en temas de desarrollo sustentable, habiendo liderado ya dos Acuerdos de Producción Limpia (APLs) y ad portas de iniciar un tercer APL que incluye un número considerable de sus empresas socias.

De las 350 empresas socias de ASOEX, 70 fueron identificadas como packing de fruta, con un 53,8% del mercado total. Estas empresas son exportadoras que integran el proceso de

⁴⁷ www.asoex.cl

⁴⁸ www.fedefruta.cl

packing, y dado su foco es la exportación, principalmente de fruta fresca. ASOEX de manera directa está interesada en difundir información sobre la integración de medidas de Eficiencia Energética y Energías Renovables No Convencionales (ERNC) a sus socios. Sin embargo, para obtener un apoyo técnico eficiente, los representantes de ASOEX recomiendan contactar a la Función para el Desarrollo Frutícola (FDF), organismo dependiente de ASOEX, que actúa como apoyo técnico y se encuentra actualmente muy interesada en potenciar el desarrollo de la eficiencia energética y la implementación de ERNC en el sector. Mayor información sobre FDF se incluye en sección 4.25.

De las más de 1.000 empresas asociadas directa e indirectamente a FEDEFruta a través de sus asociaciones gremiales, se identificaron 18 empresas que integran el proceso de packing y que abarcan el 10,79% del mercado de la fruta exportada. Dado que los socios de FEDEFruta son todos productores agrícolas que integran el packing como parte de sus procesos, el potencial de aplicar medidas de eficiencia energética y/o ERNC será determinado subsecuentemente dependiendo del cultivo agrícola a que cada empresa se dedica. FEDEFruta es un aliado importante, dada su dedicación a fomentar constantes mejoras en el sector frutícola, tanto a nivel agronómico como en los procesos productivos. Los representantes de esta agrupación, con quienes sostuvimos reuniones (Mario Marín, Judith Mendoza y Noemi Zuñiga), manifiestan el interés institucional y la voluntad de apoyar el desarrollo de la eficiencia energética y la posible implementación de proyectos ERNC en el sector, hasta el momento la aplicación de ERNC se ha realizado con éxito en el agro, principalmente en el riego con energía solar.

29 de los 75 socios de Chilealimentos son empresas de packing, abarcando un 16,42% del mercado de la fruta exportada. A pesar de la baja cuota de mercado de estas empresas, en comparación a las exportadoras socias de ASOEX, su potencial para los fines de este proyecto es alto, dado que estas empresas son las que se dedican a la producción y comercialización de fruta congelada. Esto significa que el consumo energético es mayor en su proceso productivo, y, por consiguiente, su potencial para implementar medidas de eficiencia energética y ERNC es alto.

Tabla 30: Resumen de asociaciones gremiales más relevantes (Fuente: Elaboración propia a partir de datos ASOEX, FEDEFruta y Chilealimentos).

| Asociación | Socios Totales | Socios Packing | % de mercado socios |
|----------------|----------------|----------------|---------------------|
| ASOEX | 350 | 70 | 53,87% |
| Fedefruta | 1000 | 18 | 10,79% |
| Chilealimentos | 75 | 29 | 16,32% |

Adicionalmente a las asociaciones gremiales de la industria del packing de fruta, se consideraron como actores relevantes para la implementación de medidas de eficiencia energética y ERNC en la industria, las siguientes asociaciones: AChEE, ACERA, ANESCO y CAMCHAL; algunas de estas están trabajando de manera tangencial con el sector packing

La Agencia Chilena de Eficiencia Energética (AChEE) indicó haber realizado un estudio de eficiencia energética donde se incluyeron empresas de packing. En dicho estudio, se sugirieron algunas mejoras en eficiencia energética a 23 empresas de packing. El detalle sobre este estudio, sus resultados y empresas involucradas, fue solicitado. Se espera poder incluir detalle en informe futuro.

Tanto la Asociación Chilena de Energías Renovables (ACERA), como la Asociación Nacional de Empresas de Eficiencia Energética (ANESCO), manifestaron su interés en apoyar este estudio mediante la difusión de la encuesta de consulta a empresas proveedoras de EE y ERNC. Estas asociaciones no tienen estudios ni información sobre proyectos de EE o ERNC implementados por sus socios en packing de fruta. Se recomienda considerar a la AChEE y a las AG. ACERA y ANESCO como aliados estratégicos relevantes en la difusión e implementación de medidas de EE y ERNC, a fin de facilitar el involucramiento de empresas especializadas en la asesoría e implementación de estos proyectos en la industria del packing de fruta.

Otro actor relevante en materia del presente proyecto, es la Cámara Chileno-Alemana de Comercio e Industria (CAMCHAL), la cual a través de su proyecto “Smart Energy Concepts” dedicado a fomentar la implementación de medidas de eficiencia energética y ERNC en el sector agroalimentario chileno, ha trabajado con algunas empresas del rubro del packing de fruta. CAMCHAL colaboró con su base de datos de empresas de packing, incluida en este estudio.

El detalle de asociaciones gremiales menos relevantes, e información adicional de las asociaciones antes mencionadas se incluye en el Anexo B “Base de datos de asociaciones gremiales”.

4.3. Proveedores de eficiencia energética y energías renovables no convencionales.

Se identificaron dos tipos de actores entre los proveedores del rubro EE o ERNC:

- Los instaladores de proyectos de Netbilling, registrados en la Superintendencia de Electricidad y Combustibles (SEC), especializados en proyectos fotovoltaicos de pequeña escala para reducir el consumo eléctrico mediante el aprovechamiento de ERNC.
- Las empresas de ingeniería, agrupadas en la Asociación Nacional de Empresas de Eficiencia Energética (ANESCO) y Asociación Chilena de Energías Renovables (ACERA), además de las empresas consultoras y de ingeniería que están ligadas a la Agencia Chilena de Eficiencia Energética (AChEE). Este tipo de empresas realiza consultoría, diseño e implementación de proyectos, orientados en su mayoría a clientes industriales medianos y grandes.

A la fecha, se ha comenzado a realizar encuestas a estos actores para identificar proyectos de EE y ERNC adicionales a los pocos ya identificados como potencialmente interesantes a modo de ejemplo.

El detalle de Proveedores de EE y ERNC se incluye en el anexo C “Base de datos de proveedores de EE y ERNC” esta base de datos será ampliada durante la posterior ejecución de este proyecto.

4.4. Proveedores de la industria del packing.

En cuanto a proveedores tradicionales de la industria del packing, estos se pueden agrupar en permanentes y ocasionales.

Los proveedores permanentes, y que son considerados relevantes para los objetivos del presente estudio, son las empresas de transporte, que trasladan la fruta desde predios agrícolas a packing, entre packing y almacenes, y a destino final; el transporte en muchos

casos debe contar con su propio sistema de refrigeración, a fin de controlar la temperatura de la fruta.

Otro proveedor permanente es la industria de almacenaje, que sin contar con procesos de packing, presta servicios a los packings, almacenando fruta. Estos sitios de almacenamiento cuentan en la mayoría de los casos con sistemas de frío, lo cual los hace potencialmente interesantes para la implementación de medidas de EE y ERNC.

Finalmente, se cuenta con otro tipo de proveedores ocasionales de maquinaria e insumos requeridos por la industria del packing, los cuales son considerados menos relevantes para los objetivos de este estudio.

4.5. Instituciones de investigación

Las instituciones de investigación y desarrollo (I&D) relevantes para el sector del packing, son aquellas que abarcan el sector frutícola. Se pudo constatar que, en general, hay poca I&D relacionada con el packing; proceso poco estudiado dentro de la cadena de valor frutícola. Las Universidades centran su investigación mayormente en la parte agronómica, teniendo a la fecha poco interés en el proceso de packing, con pocos proyectos relevantes al respecto.

De las instituciones de investigación indicadas en el Anexo E “Base de datos de instituciones de investigación”, dos se consideraron como actores especialmente relevantes:

- Fundación para el Desarrollo Frutícola (FDF), institución de derecho privado sin fines de lucro, dependiente de ASOEX, que desde el año 1992 desarrolla proyectos de Investigación y Desarrollo (I&D) en forma asociativa, prestando servicios y asesorías a la industria frutícola para mejorar su competitividad a nivel internacional. En reuniones con Cristián Arancibia R, encargado del área de fruticultura, ha manifestado su preocupación por el desarrollo e implementación de EE y ERNC en la industria, con acercamiento e invitación a algunas empresas de consultoría energética para desarrollar proyectos en packing de fruta.
- Centro de Extensión Agroindustrial de FEDEFruta, que tiene múltiples líneas de I+D+i. En reuniones con Mario Marín, su Gerente de Desarrollo Empresarial, revelaron el potencial como aliado en el desarrollo de una línea de I&D asociada a la EE y las ERNC en la industria del packing, ya que han tenido éxito en la implementación de proyectos de esta índole en cultivos agrícolas, y ven con mucho interés la posibilidad de avanzar a nivel agroindustrial, incluyendo el packing.

4.6. Instituciones públicas

Cabe destacar que el Ministerio de Agricultura (MINAGRI) ha puesto foco en fomentar un desarrollo sustentable del sector agroalimentario, especialmente en vista del desafío que enfrenta el sector en relación a los efectos del cambio climático sobre la disponibilidad del recurso hídrico, la erosión de suelos y cambios en los patrones meteorológicos. Por esto, a través de la Oficina de Estudios y Políticas Agrarias (ODEPA), ha desarrollado el Protocolo de Agricultura Sustentable. Esto es un claro indicio que desde las instituciones públicas del sector, hay un interés en apoyar, dentro de sus posibilidades, la implementación de medidas de EE y ERNC debido a que éstas aportan a su objetivo de mejorar la sustentabilidad del sector.

En cuanto a instituciones públicas, la más relevante desde el punto de vista fiscalizador, es el Servicio Agrícola y Ganadero (SAG), quien fiscaliza las instalaciones de packing, y autoriza a las que pueden realizar exportaciones de fruta. Esta institución no maneja un registro formal de empresas de packing, y no tiene una clasificación de los tipos de packing existentes, fuera de contar o no con autorización para exportar fruta.

En cuanto a las instituciones relevantes para fomentar la actividad frutícola, se destacan la Fundación para la Innovación Agraria (FIA), debido al financiamiento que brinda a proyectos de innovación. En el año 2014, el FIA lanzó un concurso específicamente para la incorporación de ERNC en la agricultura y el año 2016 la convocatoria del FIA está centrada en la agricultura sustentable y el cambio climático. El Instituto de Investigaciones Agropecuarias (INIA) es muy relevante por su aporte en investigación y desarrollo especialmente a nivel agronómico. Finalmente, el Instituto de Desarrollo Agropecuario (INDAP), aporta significativamente con subsidios y programas de apoyo especialmente a los agricultores más pequeños, entre los cuales destacan los subsidios entregados durante los últimos años para la incorporación de riego fotovoltaico.

En relación al apoyo para la incorporación de EE y ERNC, las instituciones relevantes son la ya mencionada FIA, por sus instrumentos de financiamiento de proyectos, el Consejo Nacional de Producción Limpia (CPL) que por su forma de operar, al trabajar con gremios, puede ser un aliado importante para mejorar los estándares de la industria y fomentar la cooperación. Otra institución relevante, identificada por este estudio a través de actores clave, como FDF (descrita en punto 4.2) y ratificada por el mismo Ministerio de Energía, es la Superintendencia de Electricidad y Combustibles, a través de sus registro y normativa para implementar proyectos netbilling, proyectos de ERNC de pequeña escala, que puedan ser implementados en plantas de packing de pequeña escala, y también en otras instalaciones de la industria.

Tabla 31: Instituciones públicas relevantes (Fuente: elaboración propia).

| Sigla | Nombre Completo | Ministerio |
|---------|---|---|
| CORFO | Corporación de Fomento de la Producción | Ministerios diversos |
| CIFES | Centro Nacional para la Innovación y Fomento de las Energías Sustentables | Ministerio de Energía con financiamiento de CORFO |
| FONDEF | Fondo de Fomento al Desarrollo Científico y Tecnológico | Ministerio de Educación; parte de CONICYT |
| CONICYT | Comisión Nacional de Investigación Científica y Tecnológica | Ministerio de Educación |
| MINAGRI | Ministerio de Agricultura | Ministerio de Agricultura |
| ODEPA | Oficina de Estudios y Políticas Agrarias | Ministerio de Agricultura |
| FIA | Fundación para la Innovación Agraria | Ministerio de Agricultura |
| INDAP | Instituto de Desarrollo Agropecuario | Ministerio de Agricultura |
| INIA | Instituto de Investigaciones Agropecuarias | Ministerio de Agricultura |

| Sigla | Nombre Completo | Ministerio |
|---------------------------|---|-------------------------------------|
| ProChile | | Ministerio de Relaciones Exteriores |
| CPL | Consejo de Producción Limpia | con financiamiento Corfo |
| SNA | Sociedad Nacional de Agricultura | Ministerio de Agricultura |
| Direcon | Relaciones Económicas Internacionales | Ministerio de Relaciones Exteriores |
| Fundación Imagen de Chile | | Ministerio de Relaciones Exteriores |
| SAG | Servicio Agrícola y Ganadero | Ministerio de Agricultura |
| SEC | Superintendencia de Electricidad y Combustibles | Ministerio de la Energía |

5. Catastro de proyectos en EE y ERNC

5.1. Metodología

De acuerdo a lo indicado en la propuesta técnica para el objetivo 3, se consideraron los siguientes pasos para el levantamiento del catastro de proyectos de Eficiencia Energética (EE) y Energías Renovables (ER):

- Análisis previo de las medidas de EE y ERNC potencialmente explotadas dentro del sector a través del contacto con actores clave y levantamiento de información en internet.
- Contacto telefónico con proveedores de medidas de EE y ERNC.
- Llamados telefónicos para averiguar a través de los proveedores, el detalle de los proyectos realizados.

Adicionalmente, se elaboraron 02 encuestas para conocer casos de buenas prácticas a través de a) empresas de packing y b) proveedores de medidas de EE y ERNC. Se tomó la decisión de difundir estas encuestas a través del Ministerio de Energía para que tengan un carácter oficial y de esta manera aumentar la cantidad de respuestas.

El diseño de las encuestas fue elaborado con el objetivo de conseguir el máximo número de respuestas para saber qué actores pueden dar mayor información sobre proyectos de EE y ERNC implementados en el sector del packing. En vista de esto, la estructura de las encuestas consta, en el caso de las empresas de packing, de 8 preguntas y, en el caso de los proveedores, de 3 preguntas.

En el caso de las empresas de packing, básicamente se busca saber si han realizado proyectos y con cuántas plantas de packing cuenta la empresa y dónde están localizadas.

En el caso de los proveedores, se busca conocer si han realizado algún proyecto en el sector packing.

Una vez obtenida esta información, se realiza un seguimiento telefónico para obtener el detalle de los proyectos y concretar visitas a aquellos más replicables.

Pregunta

5. ¿Han implementado proyectos/medidas de eficiencia energética en alguno de sus packings? *

- ☐ Sí
- ☐ No

6. ¿Han realizado proyectos de energías renovables no convencionales en alguno de sus packings? *

- ☐ Sí
- ☐ No

7. ¿Qué tipo de proyectos han implementado o implementarán?

- ☐ Mejora en Iluminación
- ☐ Variadores de frecuencia en motores o ventiladores
- ☐ Aislación de muros y compuertas automáticas
- ☐ Sistemas de refrigeración eficientes
- ☐ Ventilación con recuperación de frío
- ☐ Energía solar fotovoltaica
- ☐ Energía solar térmica
- ☐ Minieólica
- ☐ Minihidro
- ☐ Otras

8. ¿Está dispuesto a entregar información sobre sus proyectos de energías renovables no convencionales o eficiencia energética? *

Ilustración 52: Fragmento de encuesta a empresas de packing (Fuente: Elaboración propia)

1. Información básica de la empresa *

Nombre de la empresa

Persona de contacto

Email de contacto

Teléfono de contacto

2. ¿Cuántos proyectos/medidas de ERNC y/o eficiencia energética han implementado en alguna planta de packing de fruta fresca y/o congelada? *

3. Para cada proyecto ejecutado complete una fila con la información solicitada.

| | Nombre de proyecto | Empresa mandante | Monto inversión (MM CLP) | Ubicación (Dirección, comuna o coordenadas UTM) |
|------------|----------------------|----------------------|--------------------------|---|
| Proyecto 1 | <input type="text"/> | <input type="text"/> | <input type="text"/> | <input type="text"/> |
| Proyecto 2 | <input type="text"/> | <input type="text"/> | <input type="text"/> | <input type="text"/> |
| Proyecto 3 | <input type="text"/> | <input type="text"/> | <input type="text"/> | <input type="text"/> |
| Proyecto 4 | <input type="text"/> | <input type="text"/> | <input type="text"/> | <input type="text"/> |

Ilustración 53: Fragmento de encuesta a proveedores de EE y ERNC (Fuente: Elaboración propia)

5.2. Catastro

Tabla 32. Catastro de proyectos. Tabla de datos de Proyecto

| EMPRESA PACKING | AÑO | OBSERVACIONES | RECURSO Y TECNOLOGÍA UTILIZADA | INVERSIÓN (MM\$) | RETORNO DE LA INVERSIÓN (en años del monto invertido por la empresa) | FORMA (CONDICIONES) DEL FINANCIAMIENTO | SUBSIDIO ESTATAL (Si lo hay) | MODELO DE NEGOCIOS | CAPACIDAD INSTALADA (kW) | CAPACIDAD INSTALADA (kwp) | CAPACIDAD INSTALADA (L/día) | CAPACIDAD INSTALADA (kVA) |
|--------------------|-----------|---|--|---------------------|---|---|-------------------------------------|--|--------------------------------|---------------------------------|-----------------------------------|---------------------------------|
| Confidencial | 2015 | Proyecto FIA PYT-2014-0159 | Planta fotovoltaica | 168 | 6 | Aporte gubernamental subsidio de FIA en un 60% a través de un subsidio del FIA | Si | Cofinanciamiento público/privado para autogeneración | 142 | | | |
| Confidencial | 2015 | Proyecto FIA PYT-2016-0165 | Recurso Solar, tecnología Fovovoltaica | 170 | 8 | Cofinanciamiento del 65% FIA | Si | Auto inversión | 114,4 | | | |
| Confidencial | 2014 | | Módulos: 464 Shangay Ja solar 310/3BB inversores :12 Kaco Powador 6600i 6 Kaco Powador 7700i 3 Kaco Powador 6650xi Sistema de Monitoreo: Solar log 2000 Estructura Montaje: Sistema TRI-STAND | 143,9 | 3,3 | Aporte de Fundación para la Innovación Agraria (FIA) \$ 93.543.999 Aporte del Ejecutor \$ 50.369.779 | Si, Cofinanciamiento del 65% FIA | Auto-inversión, con un % de financiamiento estatal | 143 | | | |
| Confidencial | 2015-2016 | Esclusas de frío. doble puerta en cámaras de despacho, Aislación competa de packing, renovación de maquinaria de generación de frío para trabajar con menores diferencias en T° | Medidas de EE | 45,591 | 03-abr | Inversión privada | No | Auto inversión | No aplica | | | |
| Confidencial | 2015-2016 | | Proyecto solar fotovoltaico | 19 | 8 | Parte subsidio, parte privado | Si | Inversión privada | 14 | | | |
| Confidencial | 2010 | Mejora en Iluminación Energía solar fotovoltaica Termosolar | Termosolar y fotovoltaica | 2 | ND | Inversión privada | No | Auto inversión | 10 | | | |
| Confidencial | 2010 | Mejora en Iluminación Variadores de frecuencia en motores o ventiladores | Mejora de equipos e iluminación | ND | ND | Inversión privada | No | Autoinversión | ND | | | |
| Confidencial | 2010-2011 | Mejora en Iluminación Variadores de frecuencia en motores o ventiladores Aislación de muros y compuertas automáticas Sistemas de refrigeración eficientes | Mejoras EE | ND | ND | Inversión privada | No | Autoinversión | ND | | | |
| Confidencial | 2012-2015 | Mejora en Iluminación Aislación de muros y | Focos LED, reutilización de materiales | ND | ND | Utilización de recursos y material | No | Reutilización de recursos | ND | | | |

| EMPRESA PACKING | AÑO | OBSERVACIONES | RECURSO Y TECNOLOGÍA UTILIZADA | INVERSI ÓN (MM\$) | RETORNO DE LA INVERSIÓN (en años del monto invertido por la empresa) | FORMA (CONDICIONES) DEL FINANCIAMIENTO | SUBSIDIO ESTATAL (Si lo hay) | MODELO DE NEGOCIOS | CAPACIDAD INSTALADA (kW) | CAPACIDAD INSTALADA (kwp) | CAPACIDAD INSTALADA (L/día) | CAPACIDAD INSTALADA (kVA) |
|--------------------|---------------|--|--|----------------------------|---|---|------------------------------------|-----------------------|--------------------------------|---------------------------------|-----------------------------------|---------------------------------|
| | | compuertas automáticas | | | | disponible | | | | | | |
| Confidencial | ND | Mejora en Iluminación Variadores de frecuencia en motores o ventiladores Aislación de muros y compuertas automáticas Sistemas de refrigeración eficientes | Mejoras constructivas | ND | ND | Inversión privada | No | Autoinversión | ND | | | |
| Confidencial | ND | Mejora en Iluminación Variadores de frecuencia en motores o ventiladores Aislación de muros y compuertas automáticas Sistemas de refrigeración eficientes Ventilación con recuperación de frío | Mejoras constructivas | ND | ND | Inversión privada | No | Autoinversión | ND | | | |
| Confidencial | 2013- 2015 | Mejora en Iluminación Variadores de frecuencia en motores o ventiladores Aislación de muros y compuertas automáticas | Iluminación LED, aislación térmica | 50 | ND | Inversión privada | No | Autoinversión | ND | | | |
| Confidencial | ND | Mejora en Iluminación Variadores de frecuencia en motores o ventiladores Sistemas de refrigeración eficientes | Mejoras constructivas | ND | ND | Inversión privada | No | Autoinversión | ND | | | |
| Confidencial | 2012 | Mejora en Iluminación Variadores de frecuencia en motores o ventiladores Aislación de muros y compuertas automáticas Sistemas de refrigeración eficientes | Iluminación LED, variadores de frecuencia, aislación térmica | ND | ND | Inversión privada | No | Autoinversión | ND | | | |
| Confidencial | 2000 | Ellos mismos instalaron sistema termosolar, desde hace varios años, 7 aparatos | Termosolar | 12 | ND | Inversión privada | No | Autoinversión | ND | | 150 | |
| Confidencial | 2016 | | Solar, Fotovoltaica | 9,2256 | 2,8 | 75% Subsidio FNDR- CIFES, 15% inversión del usuario, 5% aporte de Tesla Energy. | Sí. | Cofinanciamiento | 4,96 | | | |
| Confidencial | 2015 | | Energía solar, basado en inversor string | 15 | 5 | Cofinanciamiento | Si | Auto inversión | 9,88 | | | |
| Confidencial | 2013 | Información provista por empresa instaladora | Aumento la potencia por aumento de cámaras de frío y packing. Se instalaron bancos de | 25, condens adores 5 | 1,5 | Inversión privada | No | Auto inversión | ND | | | 500 |

| EMPRESA PACKING | AÑO | OBSERVACIONES | RECURSO Y TECNOLOGÍA UTILIZADA | INVERSI ÓN (MM\$) | RETORNO DE LA INVERSIÓN (en años del monto invertido por la empresa) | FORMA (CONDICIONES) DEL FINANCIAMIENTO | SUBSIDIO ESTATAL (Si lo hay) | MODELO DE NEGOCIOS | CAPACIDAD INSTALADA (kW) | CAPACIDAD INSTALADA (kwp) | CAPACIDAD INSTALADA (L/día) | CAPACIDAD INSTALADA (kVA) |
|--------------------|------|---|---|-------------------------|---|---|------------------------------------|-----------------------|--------------------------------|---------------------------------|-----------------------------------|---------------------------------|
| | | | condensadores para suplir energía reactiva inductiva. | | | | | | | | | |
| Confidencial | 2013 | Proyecto privado en cámara de frío | Variador de velocidad en Compresor | 70 | 2 | Inversión privada | No | Auto inversión | ND | | | |
| Confidencial | 2014 | Proyecto privado en cámara de frío | Variador de velocidad en Compresor | 22 | 2 | Inversión privada | No | Auto inversión | ND | | | |
| Confidencial | 2014 | Proyecto privado en cámara de frío | Variador de velocidad en Compresor | 22 | 2 | Inversión privada | No | Auto inversión | ND | | | |
| Confidencial | 2016 | Proyecto privado | Proyecto fotovoltaico | 200 | 11 | Cofinanciamiento estatal | Si | Auto inversión | 75 | | | |
| Confidencial | 2016 | Proyecto privado | Proyecto fotovoltaico | 200 | 11 | Cofinanciamiento estatal | Si | Auto inversión | 75 | | | |
| Confidencial | 2016 | Proyecto privado | Proyecto fotovoltaico | 200 | 11 | Cofinanciamiento estatal | Si | Auto inversión | 75 | | | |
| Confidencial | 2016 | Proyecto privado | Proyecto fotovoltaico | 150 | 10 | Cofinanciamiento estatal | Si | Auto inversión | 60 | | | |
| Confidencial | 2015 | Proyecto privado | Proyecto fotovoltaico | 92 | 8 | Cofinanciamiento estatal FNDP del 70% | Si | Auto inversión | ND | 57,2 | | |
| Confidencial | 2014 | Datos provistos por empresa instaladora | Equipos EE | 15,6 | 2,1 | Inversión privada | No | Auto inversión | 380 | | | |
| Confidencial | 2013 | Datos provistos por empresa instaladora | Solar fotovoltaica | 18 - 132 | 10,8 - 7 | Inversión privada | No | Auto inversión | 420 | | | |
| Confidencial | 2010 | Datos provistos por empresa instaladora | Equipos EE | 57,5 | 3,5 | Inversión privada | No | Auto inversión | ND | | | 1900 kVA |
| Confidencial | 2010 | Datos provistos por empresa instaladora | Equipos EE | 4,2 | 1 | Inversión privada | No | Auto inversión | ND | | | 350 kVA |
| Confidencial | 2009 | Datos provistos por empresa instaladora | Equipos EE | 14,5 | 3 | Inversión privada | No | Auto inversión | ND | | | 340 kVA |
| Confidencial | 2009 | Datos provistos por empresa instaladora | Equipos EE | 5,13 | 1,5 | Inversión privada | No | Auto inversión | ND | | | 900 kVA |
| Confidencial | ND | Empresa no entregara mayores detalles | Mejora en Iluminación Aislación de muros y puertas automáticas Energía solar térmica | ND | ND | Inversión privada | No | Auto inversión | ND | | | |
| Confidencial | 2015 | Bomba de calor reemplaza caldera a gas para agua caliente | Boba de calor | 20,758 | 2,5 | ND | ND | ND | 59 | | | |

Tabla 33. Catastro de proyectos. Tabla de datos de Proyecto (2)

| EMPRESA PACKING | PROCESO PRODUCTIVO INTERVENIDO | ENERGÍA GENERADA/AHORRADA ANUALMENTE (kWh/año) | ENERGÍA GENERADA/AHORRADA (L/día) | ENERGÍA QUE REEMPLAZÓ/AHORRO | PORCENTAJE DE ENERGÍA REEMPLAZADA/AHORRADA (%) | DESCRIPCIÓN BREVE | GRADO DE SATISFACCIÓN CON EL PROYECTO | PLANES DE HACER OTRAS INVERSIONES (SI / NO) |
|-----------------|--|--|-----------------------------------|--|--|--|---------------------------------------|---|
| Confidencial | Aporte a la matriz interna de los procesos de guarda de congelados | ND (Dato entregado por empresa, pero considerado no consistente técnicamente por tanto es omitido, originalmente indicaron 1,3 MWh/ año y posteriormente 15,6 MWh/año, ambas cifras muy bajas para un proyecto de estas características) | | No aplica | 5 | Planta sobre techo de 142 kW, para cogeneración según indica proyecto presentado a FIA. | Alta | No se han considerado nuevas inversiones |
| Confidencial | Inyección de energía para bombas de regadío | 158 240 | | Suministro de energía de empresa distribuidora Chilectra | 25 | Este proyecto ubicado en la comuna de Lampa. La instalación cubre un área aproximada de 2.000 m2 sobre suelo, instalados mediante sistema de hincado. La planta permitirá dejar de emitir al ambiente el equivalente a 70.10 tCO2/año, generando anualmente 178.6 MWh, disminuyendo el costo energético en bombeo de agua en las horas de mayor demanda. Este importante paso demuestra la viabilidad y la optimización de procesos en la agricultura aportando al desarrollo de esta importante área dentro del país. | Media Alta | En análisis |
| Confidencial | Bombeo de agua en las horas de mayor demanda en la producción de Palta Hass. | 182 400 | | Energía eléctrica de la red | ND | Planta fotovoltaica ubicada en la comuna de Panquehue en la provincia de San Felipe, V Región. La instalación cuenta con 464 paneles JA Solar de 310 Wp situados en un área aproximada de 1.500 m2 de cubierta, lo que permitirá dejar de emitir al ambiente el equivalente a 105 tCO2/año, disminuyendo el consumo energético en bombeo de agua en las horas de mayor demanda en la producción de Palta Hass. | Alta | Tienen intenciones de transformar la planta para que aplique para Netbilling. |
| Confidencial | Cámaras de frío, despacho de fruta, packing | No calculado | | Red eléctrica | 15 | Esclusas de frío. doble puerta en cámaras de despacho, Aislación competa de packing, renovación de maquinaria de generación de frío para trabajar con menores diferencias en T° | Alta | Si PMGD biomasa 9-10 MW en etapa final. PMGD fotovoltaico 3MW casi abandonado |

| EMPRESA PACKING | PROCESO PRODUCTIVO INTERVENIDO | ENERGÍA GENERADA/AHORRADA ANUALMENTE (kWh/año) | ENERGÍA GENERADA/AHORRADA (L/día) | ENERGÍA QUE REEMPLAZÓ/AHORRO | PORCENTAJE DE ENERGÍA REEMPLAZADA/AHORRADA (%) | DESCRIPCIÓN BREVE | GRADO DE SATISFACCIÓN CON EL PROYECTO | PLANES DE HACER OTRAS INVERSIONES (SI / NO) |
|-----------------|--|--|-----------------------------------|--------------------------------|--|--|---------------------------------------|---|
| Confidencial | Bombas de regadío alimentadas con sistema solar FV | 20.500 | | Energía eléctrica convencional | 40 | Instalación de planta solar FV de 14 KW para autoconsumo, en las horas de generación evita consumir energía de la red eléctrica convencional, además los excedentes de energía se inyectan a la red de distribución y esta es registrada por un medidor bidireccional. | Alto | A futuro ampliar planta solar FV |
| Confidencial | Iluminación exterior y agua sanitaria y procesos | ND | | ND | ND | Paneles fotovoltaicos alimentan iluminación exterior, colectores termosolares alimentan agua caliente sanitaria | Muy alta | Si |
| Confidencial | Iluminación de planta y cámaras de frío | ND | | ND | ND | Mejora en iluminación, variadores de frecuencia en motores o ventiladores | Media | Si |
| Confidencial | Cámaras de frío | ND | | ND | ND | Mejoras en aislación de cámaras de frío, reemplazo de iluminación. Mejoras constructivas en general | Alto | Si |
| Confidencial | Iluminación de planta y cámaras de frío | ND | | ND | ND | Reemplazaron algunos focos por LED, reutilizaron materiales disponibles para mejorar aislación y automatizar puertas a cámaras, con personal propio | Alto | No |
| Confidencial | Packing, cámara de frío | ND | | ND | ND | Mejoras constructivas en cámara de frío, reducción consumo eléctrico por iluminación | ND | ND |
| Confidencial | Packing, cámara de frío | ND | | ND | ND | Mejoras constructivas para reducir consumo energético en planta | ND | ND |

| EMPRESA PACKING | PROCESO PRODUCTIVO INTERVENIDO | ENERGÍA GENERADA/AHORRADA ANUALMENTE (kWh/año) | ENERGÍA GENERADA/AHORRADA (L/día) | ENERGÍA QUE REEMPLAZÓ/AHORRO | PORCENTAJE DE ENERGÍA REEMPLAZADA/AHORRADA (%) | DESCRIPCIÓN BREVE | GRADO DE SATISFACCIÓN CON EL PROYECTO | PLANES DE HACER OTRAS INVERSIONES (SI / NO) |
|-----------------|--|---|-----------------------------------|---|--|--|---------------------------------------|---|
| Confidencial | Iluminación en packing y cámaras de frío | ND | | ND | ND | Reemplazaron iluminación y mejoraron aislación en cámaras de frío | Medio | Si |
| Confidencial | ND | ND | | ND | ND | Mejoras constructivas para reducir consumo energético en planta | ND | ND |
| Confidencial | Iluminación en packing, equipos de proceso y frío | ND | | ND | ND | Reemplazaron iluminación, equipos y mejoraron aislación en cámaras de frío | Alto | Si |
| Confidencial | Agua para procesos | | 150 | Petróleo | ND | Proyecto autoconstruido en etapas, han incrementado gradualmente la capacidad instalada de termos solares | Muy alta | Si |
| Confidencial | Toda la planta | 8.183,30 | | Suministro eléctrico Distribuidora Frontel | 21,66 | Fotovoltaico On-Grid. 16 Paneles Jinko 310W, Inversor SMA Sunnyboy 5000VA TL, Medidor bidireccional Kamstrup | Alto | Importante dependencia de subsidio. |
| Confidencial | La energía generada se inyecta al empalme, por lo que interviene en todos los procesos | ND | | Energía eléctrica de la red | 100 | 38 paneles de 260 W y 2 inversores recibiendo 4.94 kW cada uno conectados directamente al empalme de la instalación | Muy alta | Si en un futuro cercano |
| Confidencial | Cámaras de frío y packing de frutas | ND (la empresa comunicó ahorro económico, a altura de \$300.000/ mes) | | Ahorro de energía reactiva provenientes de las líneas de la concesionaria | 30 | Aumento de potencia de la subestación eléctrica y nuevos alimentadores para cada cámara y línea de packing. instalación de bancos de condensadores total de 200 KVAR | Media | Si, en capacidad productiva |

| EMPRESA PACKING | PROCESO PRODUCTIVO INTERVENIDO | ENERGÍA GENERADA/AHORRADA ANUALMENTE (kWh/año) | ENERGÍA GENERADA/AHORRADA (L/día) | ENERGÍA QUE REEMPLAZÓ/AHORRO | PORCENTAJE DE ENERGÍA REEMPLAZADA/AHORRADA (%) | DESCRIPCIÓN BREVE | GRADO DE SATISFACCIÓN CON EL PROYECTO | PLANES DE HACER OTRAS INVERSIONES (SI / NO) |
|-----------------|---|--|-----------------------------------|---------------------------------|--|--|---------------------------------------|---|
| Confidencial | Cámara de frío | ND | | ND | ND | Mejora constructiva en cámara de frío | Media | Si, sin subsidio. |
| Confidencial | Cámara de frío | ND | | ND | ND | Mejora constructiva en cámara de frío | Media | Si, sin subsidio. |
| Confidencial | Cámara de frío | ND | | ND | ND | Mejora constructiva en cámara de frío | Media | Si, sin subsidio. |
| Confidencial | Frigorífico y packing | 121.754 | | Energía eléctrica de la red | 5-15 | Proyecto FV On Grid Carmen Alto Melipilla Net Billing | Alta | Si, con cofinanciamiento |
| Confidencial | Frigorífico y packing | 136.003 | | Energía eléctrica de la red | 5-15 | Proyecto FV On Grid Almazara Planta de Olivos Ovalle Net Billing | Alta | Si, con cofinanciamiento |
| Confidencial | Frigorífico y packing | 137.776 | | Energía eléctrica de la red | 5-15 | Proyecto FV On Grid Tranque 2 Planta de Olivos Ovalle Net Billing | Alta | Si, con cofinanciamiento |
| Confidencial | Frigorífico y packing | 137.606 | | Energía eléctrica de la red | 5-15 | Proyecto FV On Grid Tranque 1 Planta de Olivos Ovalle Net Billing | Alta | Si, con cofinanciamiento |
| Confidencial | Frigorífico y packing | ND | | Energía eléctrica de la red | 5-15 | Proyectos fotovoltaico en agroindustria | Alta | Si, con cofinanciamiento |
| Confidencial | Riego y packing | ND | | Ongrid | 40 | Proyecto fotovoltaico que alimenta bombeo de agua y packing satélite | Media Alta | No |
| Confidencial | Procesamiento de berries, espárragos y hongos | 107.412 | | GLP | 15,50 | Recuperación de calor de condensadores de unidades de frío para generación de ACS. | ND | ND |
| Confidencial | Procesamiento de berries, espárragos y hongos | 22.000 - 66.000 | | Energía eléctrica de la red | 2,7 - 7,7 | 2 propuesta piloto de generación fotovoltaica. | ND | ND |
| Confidencial | Procesamiento de pomáceas | 435.916 | | Energía Eléctrica y Combustible | 10 | Control termostático en unidades de frío; Control de demanda y generación en horas punta; corrección de factor de potencia en casetas de riego; desconexión de transformadores fuera de temporada; reemplazo de tecnología convencional por ERNC en packing. | ND | ND |
| Confidencial | Procesamiento de pomáceas | ND | | Energía eléctrica de la red | ND | Control preestático de compresores de unidades de frío; desconexión de transformadores fuera de temporada; corrección localizada de factor de potencia. | ND | ND |

| EMPRESA PACKING | PROCESO PRODUCTIVO INTERVENIDO | ENERGÍA GENERADA/AHORRADA ANUALMENTE (kWh/año) | ENERGÍA GENERADA/AHORRADA (L/día) | ENERGÍA QUE REEMPLAZÓ/AHORRO | PORCENTAJE DE ENERGÍA REEMPLAZADA/AHORRADA (%) | DESCRIPCIÓN BREVE | GRADO DE SATISFACCIÓN CON EL PROYECTO | PLANES DE HACER OTRAS INVERSIONES (SI / NO) |
|--------------------|--------------------------------------|---|---|---------------------------------|--|---|--|--|
| Confidencial | Procesamiento de cerezas | ND | | Energía eléctrica de la red | ND | Control Presostático; Motores de Alta eficiencia; Corrección de Factor de Potencia localizado; Cambio de sistema de iluminación. | ND | ND |
| Confidencial | Procesamiento de pomáceas | ND | | Energía eléctrica de la red | ND | Control termopresostático en unidades de frío; Control de demanda y generación en horas punta. | ND | ND |
| Confidencial | ND | ND | | ND | ND | Proyecto termosolar y medidas menores de eficiencia energética en packing | ND | Sí, lo harán en el futuro cercano |
| Confidencial | Lavado de fruta | 84 000 000 | | GLP | 100 | Bomba de calor, para lo cual tomamos como fuente fría agua a 25°C desde condensador evaporativo | Ciente conforme (FDF) | ND |

6. Visitas a terreno

6.1. Comentarios generales

En el marco del presente estudio, se procedió a catastrar proyectos de mejoramiento en Eficiencia Energética (EE) e instalación de sistemas de Energías Renovables No Convencionales (ERNC) realizados en plantas de packing de fruta en el país. Para esto, se realizó una encuesta a las empresas pertenecientes a la base de datos de empresas de packing levantadas previamente, en la que se consultó acerca de la implementación de medidas de EE y proyectos de ERNC. La encuesta fue enviada vía correo electrónico, tras lo cual se procedió a contactar a las empresas telefónicamente para solicitar la información consultada en la encuesta. A aquellas empresas que informaron contar con proyectos de EE y/o ERNC al igual que a las empresas proveedoras de tecnologías de ERNC y proyectos de EE, se les volvió a contactar con el objetivo de levantar los detalles de estos proyectos. Para esto, se les envió la ficha de proyecto indicada en la Tabla 34 cuya información fue completada vía e-mail y/o vía telefónica, en aquellos casos en que las empresas no procedieron a responder por e-mail. A continuación, en las secciones 3.2 a 3.4, se presentan 03 casos de proyectos de ERNC, que fueron levantados y visitados. Los datos contenidos en las fichas de proyectos fueron entregadas por las mismas empresas y no contienen información y/o cálculos desarrollados por el equipo consultor.

Tabla 34: Ficha modelo para catastro de proyectos de Eficiencia Energética y Energías Renovables en packing de fruta.

| Nombre | |
|---|--|
| Empresa dónde se implementó el proyecto | |
| Empresa Proveedora (si la hay) | |
| Indicador de localización | |
| Año de implementación. | |
| Recurso y Tecnología utilizada | |
| Inversión estimada | |
| Período de retorno de la inversión | |
| Forma (condiciones) del financiamiento | |
| Subsidio estatal | |
| Modelo de negocio | |
| Proceso productivo intervenido | |

| Nombre | |
|--|--|
| Capacidad instalada | |
| Energía generada/ahorrada anualmente | |
| Energía que reemplazo/ahorro | |
| Porcentaje de energía reemplazada/ahorrada | |
| Descripción breve | |
| Grado de satisfacción con proyecto | |
| Planifican hacer otras inversiones | |

En total, se levantaron 35 proyectos, de los cuales 18 proyectos corresponden a mejoras en eficiencia energética, en iluminación, actualización de equipos y aislación de cámaras de frío y 17 consideran energías renovables: 16 proyectos son de energía solar y 1 proyecto contempla una bomba de calor con una potencia equivalente a un proyecto residencial. De los proyectos solares, dos son exclusivamente termosolares, y otros dos consideran colectores fotovoltaicos y termosolares. Los 12 proyectos restantes son fotovoltaicos.

Criterios de selección para visitas:

- Proyectos que involucren energías renovables no convencionales en industria de packing de fruta.
- Potencia instalada debe ser mayor a capacidad de proyectos residenciales (> 10kW).

El proceso de selección de proyectos a visitar se realizó de la siguiente forma:

- Se catastraron en total 35 proyectos de Energías Renovables y Eficiencia Energética.
- 18 proyectos corresponden solamente a medidas de eficiencia energética, por lo que no son de mayor interés para este análisis.
- 1 proyecto de bomba de calor, el cual fue descartado para ser visitado, pues de acuerdo a lo informado por la empresa, la potencia instala de la bomba de calor es muy baja y el proyecto no se encuentra operativo. Posteriormente empresa instaladora de proyecto informo que potencia instala de bomba de calor corresponde a 59 kW.
- 2 proyectos corresponden a proyecto termosolares de escala residencial, por lo cual fueron considerados de menor importancia para el presente estudio.
- 5 proyectos fotovoltaicos no pueden ser visitados por haber sido catastrados a través de proveedores quienes no revelaron datos de cliente.

- 5 proyectos fotovoltaicos son de pequeña escala, con capacidad instalada equivalente a proyectos residenciales, por lo cual fueron considerados de menor importancia para el presente estudio
- Finalmente, se definieron 4 proyectos potenciales a visitar, que involucran energía solar fotovoltaica y con potencia instalada mayor a 60 kW, estos son detallados a continuación:
 - Frunar: Planta fotovoltaica de 142 kW, inversión MM\$168, alimenta planta de almacenamiento en frío. Empresa confirma disponibilidad para ser visitada.
 - Agrícola Aeropuerto: Planta fotovoltaica de 100 kW, inversión MM\$170, alimentan bombeo de agua para riego y packing con cámaras de prefrío. Empresa confirma disponibilidad para ser visitada.
 - Agrícola La Capellanía: Planta fotovoltaica de 67 kW, inversión MM\$92, alimentan bombeo de agua para riego y packing. Empresa confirma disponibilidad a ser visitada.
 - Agrícola Las Torres Limitada, Planta fotovoltaica de 143 kW, inversión MM\$144, alimentan bombeo de agua para riego y packing. Empresa fue entrevistada en marco de catastro de proyectos y manifestó que no está disponible para ser visitada en esta fecha.

Por tanto visitas se realizaron según el calendario detallado en la Tabla 34 Tabla 35

Tabla 35: Calendario de visitas a proyectos (Fuente: Elaboración propia).

| Empresa | Fecha de visita | Horario | Tipo de proyecto ERNC | Tipo de packing |
|------------------------|-----------------|-------------|-----------------------|-----------------|
| Frunar | 08-09-2016 | 14:30-16:30 | Fotovoltaico | Industrial |
| Agrícola Aeropuerto | 02-09-2016 | 10:00-11:30 | Fotovoltaico | Satélite |
| Agrícola La Capellanía | 08-09-2016 | 10:30-12:00 | Fotovoltaico | Satélite |

6.2. Visita Frunar

Frunar es una empresa dedicada a la prestación de servicios de almacenamiento de productos en frío, principalmente fruta. Sin embargo, en los últimos años también han recibido otros productos congelados como carnes rojas, pollo y productos marinos. La empresa cuenta con 1.800 m² de cámaras de almacenamiento, incluyendo cámaras de frío (~ -4°C), cámaras de congelados (~ -15 °C), y cámaras de atmósfera controlada, donde se mantiene una baja temperatura, se reduce el nivel de oxígeno y la humedad ambiental es controlada.



Ilustración 54. Vista cámara de frío Frunar (Fuente: Visita a planta 08-09-2016).

En las instalaciones de Frunar, pero con otro RUT, opera una planta de packing de pomáceas (Ilustración 55). Esta procesa 2.000.000 de toneladas de fruta al año, opera todo el año, con una facturación de energía eléctrica mensual de \$650.000 a \$700.000. La planta de packing en que trabajan en total 28 personas, cuenta con una línea de procesamiento de pomáceas y consume en promedio 120 [l/mes] de gas licuado para el secado de cera utilizada para encerar las pomáceas.



Ilustración 55: Packing de pomáceas en instalaciones de Frunar (Fuente: Visita a planta 08-09-2016).

6.2.1. Ficha de proyecto

Tabla 36: Ficha datos de proyecto fotovoltaico Frunar (Fuente: Todos los datos de ficha fueron provistos por empresa Frunar.)

| | |
|---|---|
| Nombre | Frunar |
| Empresa dónde se implementó el proyecto | Frigorífico Frunar Ltda. |
| Empresa Proveedora (si la hay) | Kraftwerk Serc Ltda |
| Indicador de localización | Los Niches, Camino La obra s/n Curicó |
| Año de implementación. | 2015 |
| Recurso y Tecnología utilizada | Planta fotovoltaica |
| Inversión estimada | MM\$168 neto |
| Período de retorno de la inversión | 6 años sobre el monto invertido por la empresa |
| Forma (condiciones) del financiamiento | Aporte gubernamental en un 60% a través de un subsidio del FIA |
| Subsidio estatal | Sí |
| Modelo de negocio | Cofinanciamiento público (subsidio)/privado para autogeneración. Operación de la planta |

| Nombre | Frunar |
|--|--|
| Proceso productivo intervenido | por parte de Frunar. 100% de la energía generada es para autoconsumo. |
| Capacidad instalada | Aporte a la matriz interna de los procesos de guarda de congelados |
| Energía generada/ahorrada anualmente | 142 kW |
| Energía que reemplazo/ahorro | ND ⁴⁹ |
| Porcentaje de energía reemplazada/ahorrada | Consumo eléctrico de planta |
| Descripción breve | 5% anual |
| Grado de satisfacción con proyecto | Planta sobre techo de 142 KWp, para cogeneración según indica proyecto presentado a FIA. |
| Planifican hacer otras inversiones | Alta. ⁵⁰ |
| | No se han considerado nuevas inversiones ⁵¹ |



Ilustración 56: Vista paneles fotovoltaicos en techo planta Frunar (Fuente: Visita a planta 08-09-2016).

El proyecto consiste en un arreglo de paneles fotovoltaicos en el techo de la planta con una capacidad de captación de 142 kW, con 4 inversores de 60 kW marca Huawei, y un

⁴⁹ Dato entregado por empresa, pero considerado no consistente técnicamente, por tanto es omitido en el presente informe. Originalmente indicó la empresa que generaban 1,3 MWh/ año y posteriormente 15,6 MWh/año, ambas cifras se consideran bajas para un proyecto de estas características.

⁵⁰ Durante la visita a terreno, se consultó a la empresa acerca de su grado de satisfacción. En este contexto, nos explicaron que no es total, debido a algunos problemas administrativos que tuvieron con el proyecto, lo que generó un retraso en el pago a los proveedores. En cuanto a la operación, en sí, su único inconveniente es la limpieza de los paneles, dadas las altas temperaturas del lugar en el verano y la presencia de aves, como la que puede verse en fotografía tomada en visita.

⁵¹ Sin embargo, en visita a terreno indicaron que están considerando completar la capacidad de los paneles fotovoltaicos en el techo, con potencia total que, según un estudio encargado por la empresa, se considera alcanza los 2,4 MW. Nos indicaron que para este proyecto requieren cofinanciamiento.

inversor de 12 kW marca ABB Trio (Ilustración 56). El 100% de la energía generada es destinada al autoconsumo.

La empresa encargó un estudio previo a la instalación del proyecto. Este estudio determinó el potencial de instalar 2,4 MW de captación, utilizando la totalidad de la superficie de techo disponible en la planta.



Ilustración 57: Vista paneles fotovoltaicos en techo planta Frunar (Fuente: Visita a planta 08-09-2016).

Dada la alta demanda energética de la planta, la energía solar fotovoltaica generada solo satisface el 5% de la demanda. La energía generada no es entregada a la red eléctrica, debido a que toda la producción es consumida en la misma planta.

6.2.2. Procesos energéticos

Frigorífico Frunar cuenta con instalaciones administrativas, donde se produce un consumo energético para la iluminación, los equipos computacionales, las puertas automáticas y sistemas de vigilancia. Sin embargo, el principal consumo eléctrico, que según las estimaciones de la gerencia de la planta se sitúa sobre el 95% del consumo energético total (dato es estimativo debido a que no han realizado mediciones al respecto), corresponde a los equipos de refrigeración, siendo estos evaporadores (Ilustración 58 e Ilustración 59 a)) y sistemas de refrigeración en base a freón (Ilustración 59 b) e Ilustración 60).



Ilustración 58 Condensadores en techo de planta Frunar (Fuente: Visita a planta 08-09-2016).



a)



b)

Ilustración 59: a) Evaporador en cámara de frío; b) Bomba de refrigerante freón (Fuente: Visita a planta 08-09-2016).



Ilustración 60: Torre disipadora de calor en planta Frunar (Fuente: Visita a planta 08-09-2016).

6.2.3. Replicabilidad de proyecto

Este proyecto se considera replicable en plantas de packing industrial, donde el consumo de energía eléctrica es alto, principalmente por procesos de refrigeración, y que cuenten con superficies de techos libres para instalar los paneles. Bajo estas condiciones, la energía fotovoltaica generada puede suplir parte de la demanda energética de la planta de packing.

A modo general, nos indicaron que la instalación en el techo no representó mayores problemas para la empresa, a pesar del difícil acceso que el equipo consultor pudo evidenciar en terreno. El bajo peso de los paneles fotovoltaicos, 8-9 kilos cada uno, permitió su transporte manual, sin uso de grúas. El problema encontrado por la empresa ha sido la limpieza de los paneles. Se recomendó implementar dispositivos ahuyentadores

de aves, y existe necesidad de instalar un sistema de limpieza automático. Este problema se encontró en todos los proyectos fotovoltaicos.

6.3. Visita Agrícola Aeropuerto

Agrícola Aeropuerto está ubicada en la hacienda Lipangue, sector Lipangue, en la comuna de Lampa, en un predio de 6.000 hectáreas, con 500 hectáreas de plantaciones de nogales, cerezos, uva de mesa y cítricos (Ilustración 61). La producción de cerezas y nueces es procesada fuera del predio. Solo la uva de mesa y los cítricos son procesados en el packing satélite ubicado en el predio.



Ilustración 61: Vista predio Agrícola Aeropuerto (Fuente: Visita 02-09-2016)

El packing satélite (Ilustración 62) consiste en tres líneas de procesamiento, dos de uva (Ilustración 63) y una de cítricos. En su época de mayor producción, que corresponde a la temporada de la uva desde enero a abril, trabajan 400 personas en el packing. El segundo periodo de operación del packing es desde junio a agosto, cuando se procesan los cítricos. En la fecha en que se realizó la visita al packing, éste encontraba con una operación mínima, solo con algunos sados de cítricos, las líneas de uva de mesa desmontadas y sin operarios en panta.



Ilustración 62: Vista frontal packing Agrícola Aeropuerto (Fuente: Visita 02-09-2016)



Ilustración 63: Vista líneas de packing de uva de mesa desmontadas (Fuente: Visita 02-09-2016)

6.3.1. Ficha de proyecto

Tabla 37: Ficha proyecto fotovoltaico Agrícola Aeropuerto (Fuente: Todos los datos fueron provisto por empresa instaladora TRITEC y por Agrícola Aeropuerto).

| | |
|--|--|
| Nombre | Agrícola Aeropuerto |
| Empresa dónde se implementó el proyecto | Agrícola Aeropuerto SpA |
| Empresa Proveedora (si la hay) | TRITEC Intervento SpA |
| Indicador de localización | Sector Lipangue, Lampa |
| Año de implementación. | 2015 |
| Recurso y Tecnología utilizada | Recurso Solar, tecnología Fovovoltaica |
| Inversión estimada | MM\$170 |
| Período de retorno de la inversión | 8 años sobre monto invertido por empresa |
| Forma (condiciones) del financiamiento | Subsidio FIA del 65% |
| Subsidio estatal | Si |
| Modelo de negocio | Auto inversión |
| Proceso productivo intervenido | Inyección de energía para bombas de regadío |
| Capacidad instalada | 114,4 kW |
| Energía generada/ahorrada anualmente | 158.24 MWh ⁵² |
| Energía que reemplazo/ahorro | Suministro de energía de empresa distribuidora Chilectra |
| Porcentaje de energía reemplazada/ahorrada | 25% |
| Descripción breve | Este proyecto está ubicado en la comuna de Lampa. La instalación cubre un área aproximada de 1.700 m ² sobre suelo, instalados mediante sistema de hincado. La planta permitirá dejar de emitir al ambiente el equivalente a 70.10 Ton.CO ₂ /año, generando anualmente 178.6 MWh, disminuyendo el costo energético en bombeo de agua en las horas de mayor demanda. Este importante paso demuestra la viabilidad |

⁵² El proyecto está conectado Ongrid. La empresa agrícola realiza operación y mantención de la planta. Según lo informado por la empresa, a la fecha no lleva un registro disponible de la energía entregada a la red y consumida en predio.

| Nombre | Agrícola Aeropuerto |
|------------------------------------|--|
| | y la optimización de procesos en la agricultura aportando al desarrollo de esta importante área dentro del país. |
| Grado de satisfacción con proyecto | Media alta ⁵³ |
| Planifican hacer otras inversiones | En análisis ⁵⁴ |



Ilustración 64: Vista proyecto fotovoltaico Agrícola Aeropuerto (Fuente: Visita 02-09-2016).

El proyecto fotovoltaico consiste en 360 paneles fotovoltaicos, con una capacidad instalada total de 114,4 kWp y 02 inversores marca SMA de 60 kW cada uno (Ilustración 65). El proyecto está *on grid* y sometido a la Ley 20.571 de Generación Distribuida, por lo tanto los inversores están configurados para una potencia total de 100 kW, a fin de no superar el límite de la norma y no pasar a categoría de PMGD.

⁵³ En visita a terreno personal manifestó que empresa instaladora realizó poca capacitación y que mantención, principalmente limpieza de paneles, ha resultado compleja.

⁵⁴ Están considerando invertir en PMGD de 3 MW.



a)



b)

Ilustración 65: a) Vista Inversor 60kW; b) Vista panel inversor (Fuente: Visita 02-09-2016).

6.3.2. Procesos energéticos

Agrícola Aeropuerto tiene un alto consumo de energía eléctrica, que se debe principalmente al bombeo de agua de riego del canal de riego y desde los pozos profundos. El consumo eléctrico del packing de fruta es estacional, según las épocas de producción de uva de mesa y cítricos indicadas en punto 3.3 “Visita Agrícola Aeropuerto”. El consumo energético del packing es menor dentro de los posesos de la agrícola, y la potencial principal fuente consumidora de energía eléctrica en el packing, la cámara de prefrío (Ilustración 66), es utilizada solo ocasionalmente, debido a que en muchos casos, la fruta empacada no pasa por prefrío en cámara y es despachada inmediatamente a la exportadora, según información provista en terreno por personal de la empresa. Debido a esto, se considera que la energía generada es utilizada principalmente en el bombeo de agua o entregada a la red.



Ilustración 66: Vista interna cámara de prefrío en packing satélite Agrícola Aeropuerto (Fuente: Visita 02-09-2016).

6.3.3. Replicabilidad de proyecto

La implementación de un proyecto fotovoltaico, como el de Agrícola Aeropuerto, únicamente para alimentar el consumo de energía eléctrica de un packing satélite difícilmente será viable, dada la baja demanda de energía eléctrica de éste, que además es estacional. Sin embargo, todo packing satélite estará necesariamente asociado a otras actividades productivas, dado que por definición los packing satélite se encuentran en los predios agrícolas, donde, en la mayoría de los casos, existe una alta demanda energética para el bombeo de agua para riego. Por lo tanto, en este contexto, proyectos de este tipo sí son considerados como replicables.

Otro aspecto importante a considerar, es que, en el caso de los packings satélites, al estar ubicados dentro de un predio agrícola, existe una mayor probabilidad de contar con una superficie disponible a bajo costo para la instalación de los paneles, más allá de la

superficie del techo del packing. Esto es una diferencia importante con las plantas de packing industriales.

Durante la visita, el personal de la empresa también manifestó que la limpieza de los paneles fotovoltaicos es un problema, dado que existe una cantidad significativa de polvo en suspensión, que se deposita en la superficie de los paneles. Cabe destacar que empresa está considerando incrementar su capacidad instalada con un proyecto fotovoltaico de 3 MW de potencia.

6.4. Visita Agrícola La Capellanía

Agrícola La Capellanía, ubicada a 6 Kilómetros de la localidad de Chépica, en la región de O'Higgins, se dedica a la producción agrícola de uva de mesa, ciruelas y cerezas. Su producción anual por variedad de fruta se detalla a continuación en Tabla 38.

Tabla 38: Producción de fruta en Agrícola La Capellanía (Fuente: Datos provisto por Alex Gagliano, encargado de predio)

| Fruta | Producción anual [Ton.] | Proceso de packing |
|-------------|-------------------------|--------------------|
| Uva de mesa | 31.160 | En predio |
| Ciruela | 54.100 | Externo |
| Cereza | 14.400 | Externo |

Agrícola La Capellanía cuenta con un packing satélite (Ilustración 67), donde se procesa la uva de mesa con equipamiento manual. La edificación del packing está construida pensando en alojar un packing de cereza, una vez que producción de cereza en predio alcance mayores niveles de producción, en 3 a 5 años. El personal del packing, alcanza las 50 personas en periodo de producción de uva de mesa.



Ilustración 67: Vista de proyecto fotovoltaico con packing al fondo (Fuente: Visita Agrícola La Capellanía 08-09-2016)

6.4.1. Ficha de proyecto

Tabla 39: Ficha proyecto fotovoltaico Agrícola La Capellanía (Fuente: Datos provistos por personal de empresa instaladora Eactiva).

| Nombre | La Capellanía |
|--|--|
| Empresa dónde se implementó el proyecto | Agrícola La Capellanía |
| Empresa Proveedora (si la hay) | Eactiva |
| Indicador de localización | Chepica |
| Año de implementación. | 2015 |
| Recurso y Tecnología utilizada | Proyecto fotovoltaico |
| Inversión estimada | MM\$92 |
| Período de retorno de la inversión | 8 años sobre el total de la inversión |
| Forma (condiciones) del financiamiento | Subsidio a través del FNDR del 70% correspondiente a MM\$63. |
| Subsidio estatal | Si |
| Modelo de negocio | Auto inversión. Empresa instaladora realiza operación y mantención de la planta. |
| Proceso productivo intervenido | Riego y packing |
| Capacidad instalada | 57,2kwp |
| Energía generada/ahorrada anualmente | ND ⁵⁵ |
| Energía que reemplazo/ahorro | Electricidad ⁵⁶ |
| Porcentaje de energía reemplazada/ahorrada | 40% de energía eléctrica consumida. |
| Descripción breve | Proyecto fotovoltaico que alimenta bombeo de agua y packing satélite |
| Grado de satisfacción con proyecto | Media Alta ⁵⁷ |

⁵⁵ Empresa instaladora/operadora no tiene actualmente un registro de energía generada por proyecto, información esta almacenada en inversores y será colectada y procesada en noviembre/diciembre para determinar la generación anual de energía (proyecto tiene menos de un año desde que se completó su instalación).

⁵⁶ Empresa instaladora/operadora no tiene actualmente un registro de energía generada por el proyecto. La información esta almacenada en inversores y será colectada y procesada en noviembre/diciembre para determinar la generación anual de energía (proyecto tiene menos de un año desde que se completó su instalación).

⁵⁷ En visita a terreno, el personal de la empresa manifestó que el proyecto ha tardado más de lo esperado en regularizarse (aún no se tramita la regularización de la conexión a la red eléctrica).

| | |
|------------------------------------|---------------|
| Nombre | La Capellanía |
| Planifican hacer otras inversiones | No |

El proyecto consiste en 220 paneles fotovoltaicos con una potencia total de 57,2 kWp (Ilustración 68) y 4 inversores, cada uno de 15kW (Ilustración 69). El proyecto está conectado *on grid* (no está conectada a través de la red de generación distribuida sino que directamente a través del contador principal), y se encuentra en operación por menos de un año, por lo que no se ha completado el proceso de solicitud de conexión bajo la Ley 20.571 de Generación Distribuida. Por lo tanto, la energía inyectada a la red es descontada en el medidor de energía consumida por empresa (al alimentar a la red, el medidor de consumo eléctrico convencional descuenta la cantidad de energía alimentada de la cantidad de energía eléctrica consumida). La empresa instaladora realiza la operación y mantención del proyecto. Según sus estimaciones, la planta fotovoltaica logra reducir el consumo eléctrico de la Agrícola hasta en un 80 % en meses donde el consumo es bajo debido a la baja demanda de bombeo de agua para riego de frutales, en promedio anual, el ahorro alcanza el 40%. En la visita a terreno, el personal de la empresa agrícola indicó que el consumo de energía eléctrica va desde \$250.000/mes (cuando hay poco uso de las bombas de agua), hasta los \$2.000.000/mes durante la temporada de alta demanda de agua para riego.



Ilustración 68: Vista paneles fotovoltaico proyecto Agrícola La Capellanía (Fuente: Visita Agrícola La Capellanía 08-09-2016)



Ilustración 69: Inversor proyecto fotovoltaico Agrícola La Capellanía (Fuente: Visita Agrícola La Capellanía 08-09-2016)

6.4.2. Procesos energéticos

El packing satélite instalado en Agrícola La Capellanía no cuenta con cámaras de frío o prefrío, y los equipos de packing de uva de mesa son manuales (Ilustración 70). Por tanto, el único consumo energético en el packing es la iluminación. Para la Agrícola el principal consumo energético se relaciona con el bombeo de agua para riego.

6.4.3. Replicabilidad de proyecto

En las condiciones de Agrícola La Capellanía, este proyecto se justifica debido al alto consumo energético del bombeo de agua para riego. En vista de que el tipo de packing que mantiene la Agrícola tiene una demanda energética extremadamente baja, aún en periodo operacional, la replicabilidad del proyecto solo se da bajo condiciones similares a las de la Agrícola.



Ilustración 70: Vista equipos desmontados línea de packing manual de uva de mesa (Fuente: Visita Agrícola La Capellanía 08-09-2016).

7. Caracterización de los consumos energéticos

7.1. Metodología de caracterización y modelización

7.1.1. Generalidades de la metodología desarrollada

Tal como se ha indicado anteriormente, la parte central del trabajo desarrollado hasta este segundo informe de avance es la comprensión, caracterización y modelización matemática de los procesos consumidores de energía de los Packing de fruta fresca en Chile.

Para ello se ha partido de una extensa revisión bibliográfica de trabajos nacionales e internacionales, tanto de estudios sectoriales como de auditorías o análisis de casos concretos, en base a la cual se ha generado un marco de pautas de consumo y de distribución de fuentes energéticas que se han tomado como marco y como indicadores específicos en algunos casos.

Paralelamente se han hecho aproximaciones matemáticas a los procesos físicos, que se han analizado conjuntamente con los datos anteriores y a su vez se han cotejado con lo observado en visitas a terreno o conversado con actores, para su validación o ajuste.



Ilustración 71 Diagrama general de metodología. Fuente: Elaboración propia

Este trabajo, que podríamos llamar “micro” o focalizado en el sujeto del estudio, los packing, se ha complementado con un análisis estadístico de los datos recabados en el Objetivo 1 del presente proyecto, que ha permitido dotar de sentido a los modelos, definiendo qué frutas y en qué volúmenes se procesan en qué lugares, para que los Packing en las Regiones respondieran correctamente a la realidad de la Región.

Hay que destacar, incluso a nivel de resumen, que los modelos desarrollados, aun cuando son sensibles al tamaño, no se han simulado para evaluar o identificar pautas de consumo sensibilizadas al mismo. En su lugar sí que se han hecho análisis de sensibilidad que han permitido visualizar el nivel de influencia sobre los distintos tipos de consumo y que, en parte, han llevado a la decisión de no sensibilizar el análisis de demandas a esta variable, si no a trabajar con un tamaño que responde a la Moda de la industria. Esto no quiere decir que los análisis de integración de ERNC no vayan a contemplar el tamaño como variable, tal como se explica en **7. Consideraciones de sensibilización para los análisis.**

Todo ello ha permitido llegar a lo recogido en el presente informe: una explicación extensiva y una clasificación sistemática de los procesos y operaciones de los Packing de fruta fresca en Chile, así como los modelos matemáticos y los perfiles de consumo de energía de los mismos.

7.1.2. Revisión Bibliográfica

Antes de llevar a cabo la modelización de los Packings se analizaron otros estudios nacionales e internacionales para orientar los esfuerzos y aproximar de mejor forma los procesos y distintos tipos de packing.

El listado de estudios recopilados es el siguiente:

- “Guía de Buenas Prácticas para Eficiencia Energética y Reducción de Emisiones en la Industria frutícola”, Fundación Chile, 2009
- “Energy efficiency in fruit storage warehouses”, Marcus H. Wilcox, P.E., marzo 2001
- Australian Fruit Grower, Edición julio 2014.
- “A benchmark study of energy usage in export fruit production, packhouse and cold store operations”, J Bouwer, L A von Broembsen & M C Dodd, 2010
- Presentación “Energías limpias, Frutícola Dosal”, Felix Feres y Carlos Leiva, Septiembre 2011.
- Presentación “Caso exitoso Rio Blanco”, Maxim Gutierrez Zozulia, 2009.
- Presentación de Ingeniería Proquilab, Ricardo Cereceda, no documenta fecha.
- Informe final asistencia técnica preinversión eficiencia energética para la empresa Sociedad Agrícola Puente Netro, Francisco García León, febrero 2010.
- “Manual de Buenas Prácticas Energéticas para la Industria Frutícola”, ASOEX, FDF, Fundación Chile, CNE, AGROCAP, Diciembre 2009.
- Tesis “Plan de gestión de eficiencia energética exportadora frugal planta al mundo”, Silvia María Briso Urbina, Enero 2013.

A continuación, se muestran la información relevante recopilada de cada estudio.

7.1.2.1. “Guía de Buenas Prácticas para Eficiencia Energética y Reducción de Emisiones en la industria frutícola”, Fundación Chile, 2009

Durante el año 2008, el equipo de este estudio recopiló información de 325 packings distribuidos desde la región de Atacama hasta la región de Biobío.

A partir de estos datos, el estudio además ofrece una serie de medidas de eficiencia energética y energías renovables para reducir los consumos.

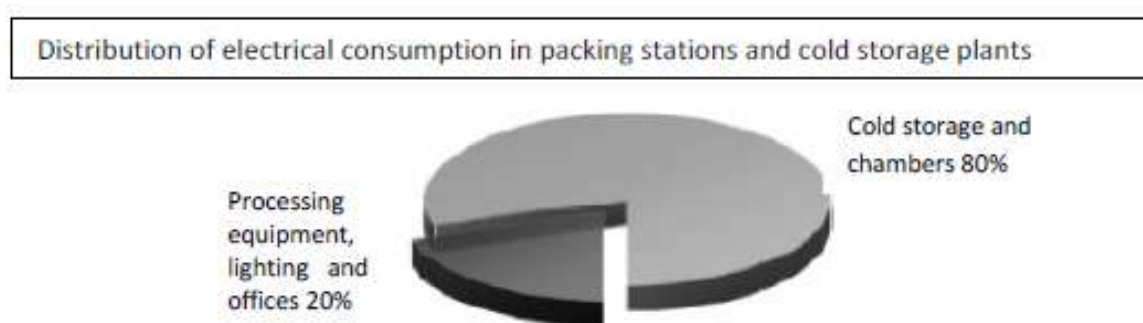


Ilustración 72 Distribución del consumo eléctrico para centros de empaque y plantas de almacenamiento en frío

Posiblemente este sea el estudio más masivo que se ha hecho en el sector en Chile y sus resultados sean los más estadísticamente correctos. Cabe destacar que esta distribución está sólo orientada al uso de energía eléctrica y no considera los combustibles fósiles.

7.1.2.2. “Energy efficiency in fruit storage warehouses”, Marcus H. Wilcox, P.E., marzo 2001

Este estudio, realizado en Estados Unidos, contempló el análisis de cinco casos de estudio, más bien basados en cámaras de refrigeración, puesto que algunos de las bodegas no cuentan con líneas de empaquetado.

En la misma línea sugiere algunas mejoras de eficiencia energética para sistemas de refrigeración.

Además, estima el porcentaje del consumo de energía eléctrica asociada a los ciclos de refrigeración en función del tipo de bodega (con o sin línea de empaquetado).

| Case Study: | #1 | #2 | #3 | #4 | #5 |
|---------------------------------|---------|---------|-----------|-----------|-----------|
| Refrigeration Horsepower: | 277 | 193 | 976 | 777 | 1448 |
| Rooms (Common & CA): | 4 | 3 | 25 | 19 | 24 |
| Total Facility Energy (kWh/yr): | 618,400 | 713,600 | 1,641,300 | 2,114,260 | 4,098,880 |
| Refrigeration Energy (kWh/yr): | 595,976 | 510,599 | 1,625,757 | 1,676,594 | 3,734,135 |
| Refrigeration Percentage: | 96% | 72% | 99% | 79% | 91% |

Ilustración 73 Distribución de consumos para cinco packings del estudio “Energy efficiency in fruit storage warehouses”

Cabe destacar que este estudio no contempla el uso de combustibles fósiles.

7.1.2.3. “Energy efficiency in fruit storage warehouses”, Australian Fruit Grower, Edición Julio 2014.

Esta publicación de la revista “Australian Fruit Grower”, contiene un capítulo dedicado al “recorte” de costos en packings, en dónde muestra la distribución de una empresa (“Bonny Glen Fruit and Caernarvon Cherry Co”) que procesa manzanas y cerezas.

Energy use breakdown at Bonny Glen Fruit packhouse

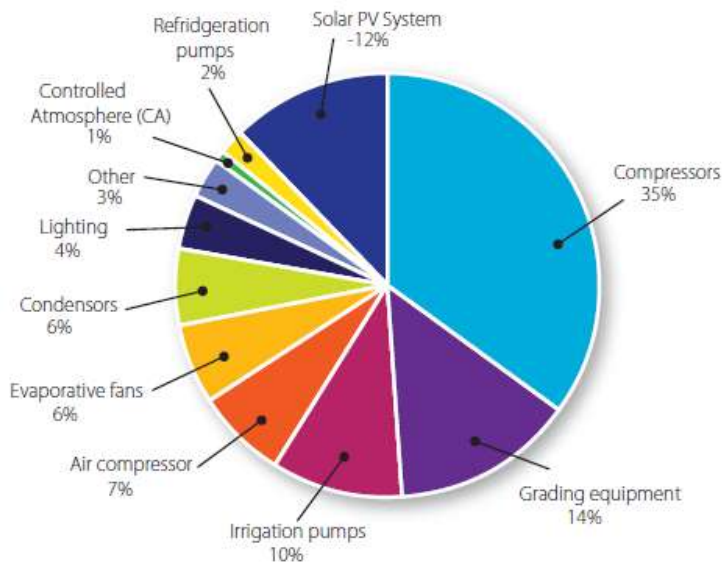


Ilustración 74 Distribución del uso de la energía para el packing “Bonny Glen Fruit”

Cabe destacar que este desglose no contempla el uso de combustibles fósiles.

7.1.2.4. “A benchmark study of energy usage in export fruit production, packhouse and cold store operations”

Este artículo tiene el objetivo de identificar los principales consumos energéticos para sugerir mejoras para el sector de packing y almacenamiento en frío.

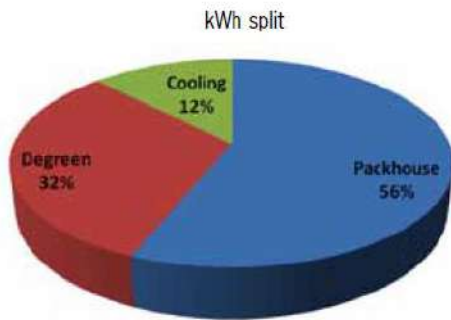


Figure 5: Division of electricity usage between functional groups in one packhouse.

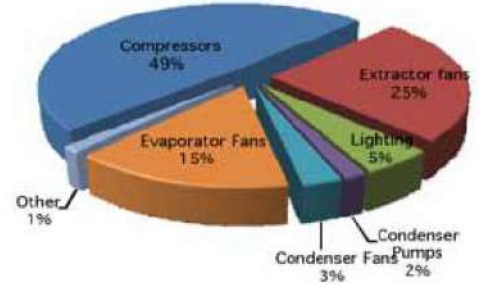


Figure 7: Proportional electricity usage by various components during cold storage.

Ilustración 75 Distribución de consumo eléctrico en un packing en grupos y por componentes

Lo interesante de este estudio es que hace una aproximación al consumo de combustibles fósiles en los centros de packing los cuales transforma en consumos “eléctricos”.

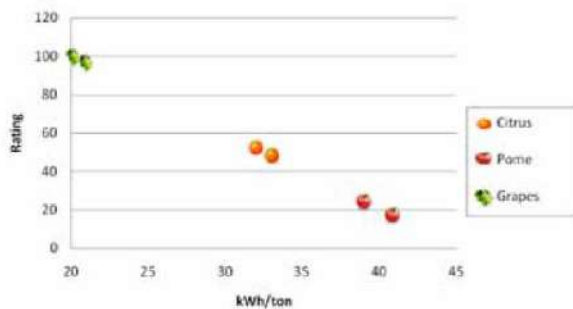


Figure 6: Relative ranking of six packhouses for energy consumption during packing.

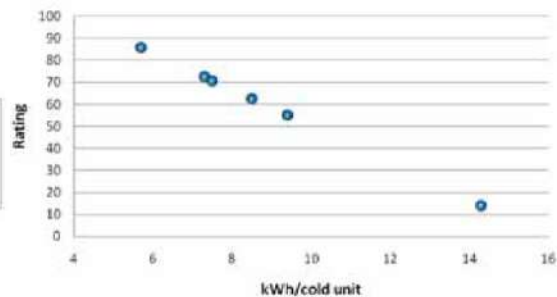


Figure 8: Relative ranking of six citrus, grape and pome fruit cold stores for the energy consumed per cold unit.

Ilustración 76 Consumos específicos de energía para el empaquetamiento (sin frío) de cítricos, uvas y manzanas. Y consumos específicos de energía destinada a frío de las mismas frutas.

En los resultados, el aumento de energía consumida durante las fases del empaquetado para los cítricos y las pomáceas, dice estar asociado al uso de baños calientes y energía túneles de viento cálido.

También resulta interesante el que menciona que los combustibles fósiles son principalmente GLP y diésel.

7.1.2.5. Presentación “Energías limpias, Frutícola Dosal”, Felix Feres y Carlos Leiva, Septiembre 2011.

Esta presentación trata sobre el proyecto de recuperación de calor para una línea de empaquetamiento de manzanas.

En el proyecto, se recupera el calor residual de los compresores con un intercambiador para realizar los lavados en agua caliente.

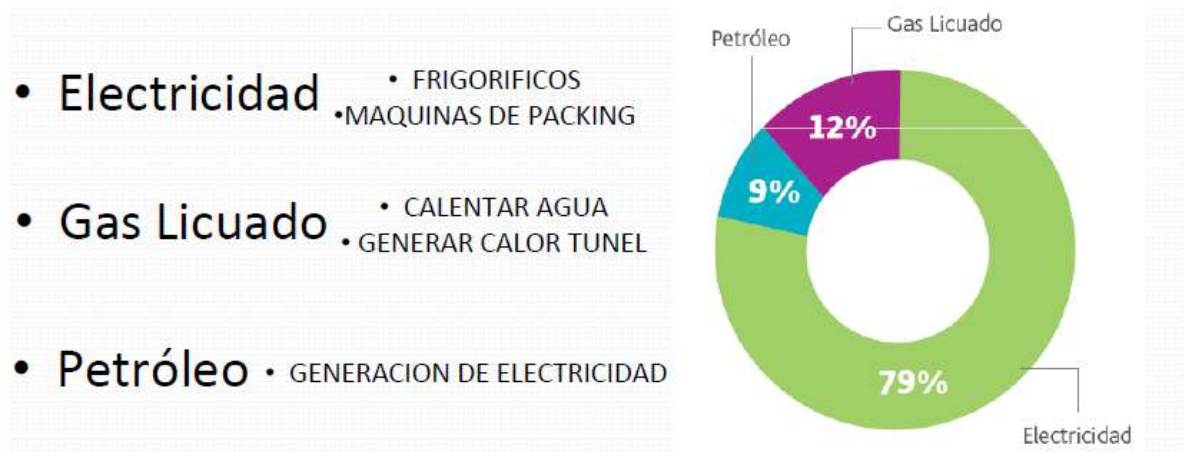


Ilustración 77 Matriz de energías secundarias para el packing de la empresa Dosal.

Lo interesante de este estudio es que define muy bien cuáles son las fuentes secundarias de energía, su distribución y las operaciones a las que está dirigido su uso.

Esta es una de las fuentes que ayuda a definir el uso del gas licuado y el petróleo diésel. El primero se utiliza principalmente para calentar agua para el lavado de manos de los operarios y para las frutas, y para los hornos de secado de fruta (túneles de aire caliente). Y el diésel está completamente dirigido al uso de petróleo para la generación de electricidad.

Según la presentación este packing de Dosal está más bien dirigido al empaquetamiento de manzanas y su época de operación va entre enero y octubre.

La capacidad de procesamiento es de 70.000 ton/año, y su capacidad de almacenamiento de frío es de 57.000 ton, lo que la sitúa dentro de las más grandes de su tipo.

Resulta interesante también mencionar que la razón entre la capacidad de producción anual máxima y el almacenamiento en frío es 1,228.

Según los resultados medidos, el consumo de GLP bajó 1,8 a 0,8 litros por tonelada, antes y después del proyecto.

7.1.2.6. Presentación “Caso exitoso Rio Blanco”, Maxim Gutierrez Zozulia, 2009.

Esta presentación trata sobre la evaluación de los proyectos realizados en la empresa en cuestión, correspondientes a:

- Sistema de control del ciclo de frío
- Iluminación eficiente
- Acciones en gestión de la energía eléctrica

Distribución Costos de Energía - 2008

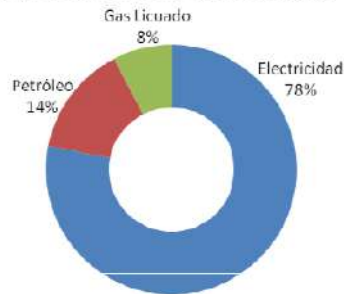
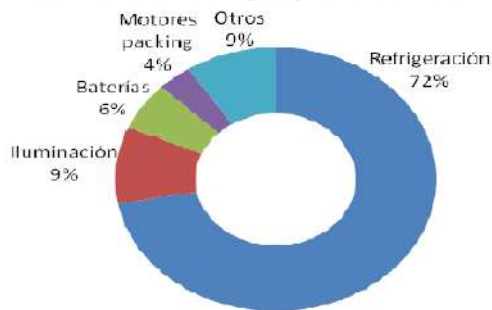


Ilustración 78 Matriz de energías secundarias para el packing de la empresa Rio Blanco.

Consumo de energía por sistema - 2008



Potencia eléctrica instalada en sistemas de refrigeración

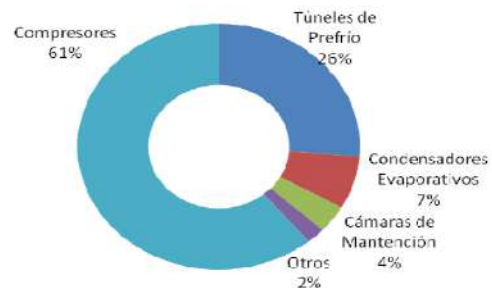


Ilustración 79 Distribución de consumo por sistemas y distribución de potencia instalada en sistemas de refrigeración para el packing de la empresa Rio Blanco.

De esta presentación, se puede rescatar en primer lugar el balance general de fuentes energéticas secundarias el cuál sitúa a la electricidad como el consumo más relevante, secundado por el petróleo y finalmente por el gas licuado (GLP).

Además, se destaca el desglose del uso de energía eléctrica en diversas operaciones, en el cuál la refrigeración significa un 72% del total.

Y por último, resulta interesante el desglose de la potencia instalada en sistemas de frío, que evidencia la importancia relativa de las cámaras de frío, por sobre los túneles de prefrío, siendo el primero 2,36 veces mayor que el segundo.

Los resultados del proyecto se evalúan positivamente en aproximadamente 30 millones de pesos anuales, para una inversión inicial de 59 millones de pesos.

7.1.2.7. *Presentación de Ingeniería Proquilab, Ricardo Cereceda, no documenta fecha.*

Esta presentación es acerca de oportunidades de inversión en eficiencia energética para una planta de producción de pomáceas con especial detenimiento en la recuperación de calor de compresores.

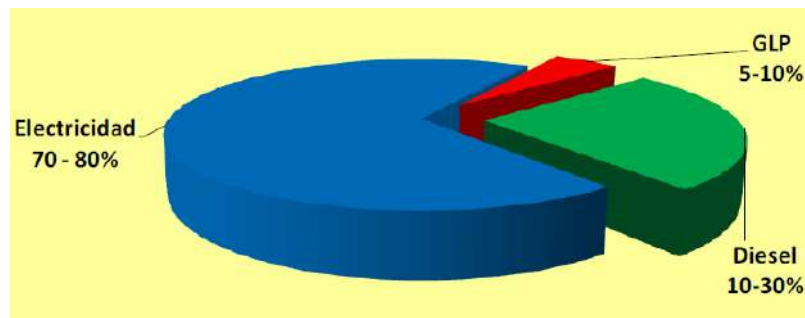


Ilustración 80 Matriz de energías secundarias para un packing, entregado por empresa Proquilab.

Al igual que los estudios anteriores, este también sitúa a la electricidad como el energético más relevante, seguido del diésel y al final el GLP, en una proporción similar a la sugerida por las demás fuentes.

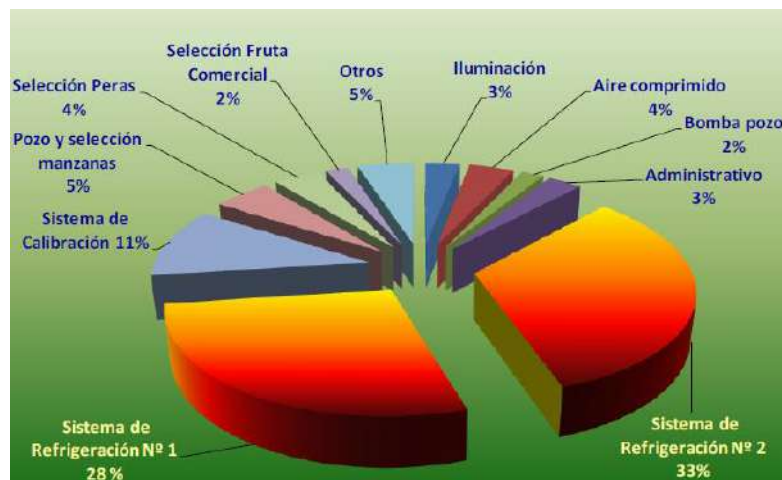


Ilustración 81 Distribución de consumo energético por grupos energéticos de un packing, entregado por empresa Proquilab.

De manera adicional, muestra un desglose del consumo de electricidad para varias operaciones, en el cuál se destaca el sistema de refrigeración con una fracción que representa el 61% del total.

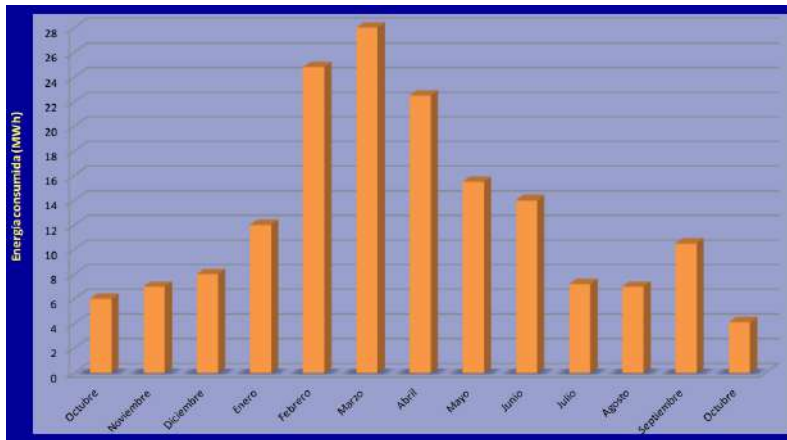


Ilustración 82 Distribución de producción de pomáceas para un packing, entregado por Proquilab.

También muestra el perfil de consumo energético de una temporada de empaquetamiento de pomáceas, que resulta interesante como contraste de perfil utilizado en los modelos que corresponde a una normal centrada en el medio de la producción.

No se hace mención de la cantidad de fruta procesada ni del lugar dónde se llevarían a cabo las inversiones.

7.1.2.8. Informe final asistencia técnica preinversión eficiencia energética para la empresa Sociedad Agrícola Puente Negro, Francisco García León, Febrero 2010.

Posiblemente este sea la fuente bibliográfica más extensa e interesante de las utilizadas en el presente informe.

Corresponde al estudio de oportunidades para el packing de la sociedad agrícola Puente Negro, localizada en San Fernando.

El informe presenta la matriz de consumo de energía secundaria, el cual se condice con los demás estudios, con una pequeña disminución en el porcentaje de electricidad y un aumento relativo en el consumo de petróleo diésel.

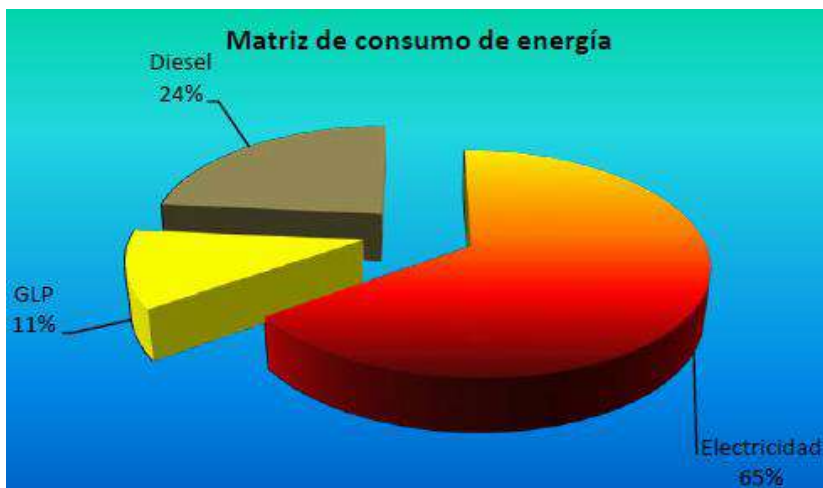


Ilustración 83 Matriz de energías secundarias para el packing de la empresa Sociedad Agrícola Puente Negro.

Además, tiene un desglose de la producción por tipos de fruta, y también presenta la distribución temporal de dicha producción.

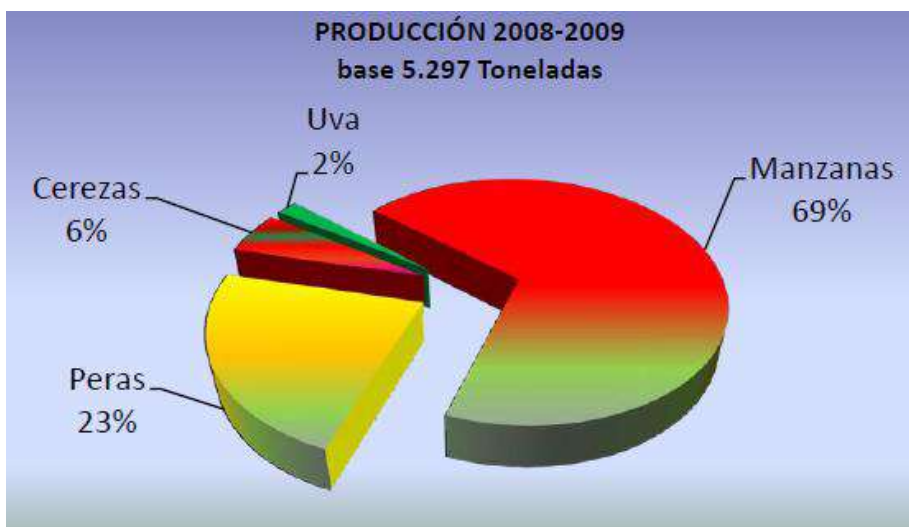


Ilustración 84 Producción anual de la empresa Sociedad Agrícola Puente Negro.

Tabla N° 9
Producción del periodo evaluado

| Periodo evaluado | Producción (Toneladas de fruta) | | | |
|------------------|---------------------------------|--------------|--------------|------------|
| | Manzanas | Peras | Cerezas | Uva |
| nov-08 | 0 | - | - | - |
| dic-08 | 0 | - | 291 | - |
| ene-09 | 0 | - | - | - |
| feb-09 | 1.368 | 788 | - | - |
| mar-09 | 1.192 | 436 | - | - |
| abr-09 | 779 | - | - | - |
| may-09 | 336 | - | - | 106 |
| jun-09 | 0 | - | - | - |
| jul-09 | 0 | - | - | - |
| | 3.675 | 1.224 | 291 | 106 |
| | TOTAL PRODUCCIÓN (Ton.) | | 5.296 | |

Ilustración 85 Estacionalidad de la empresa Sociedad Agrícola Puente Negro.

También hace un desglose de potencia instalada, en dónde se incluye el uso de casetas de riego.

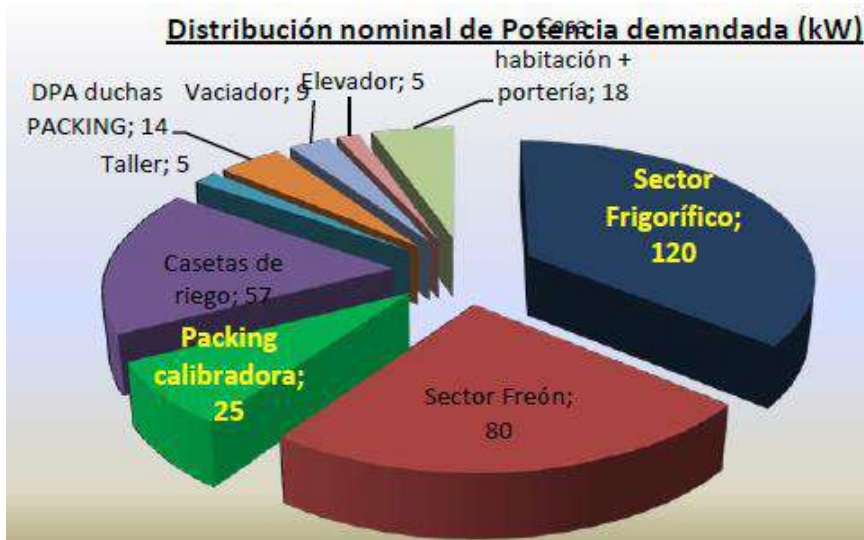


Ilustración 86 Distribución de potencia instalada de la empresa Sociedad Agrícola Puente Negro.

Similar al estudio anterior, la distribución de consumos se acentúa fuertemente en la refrigeración. El proceso productivo corresponde a las máquinas e iluminación utilizadas en la línea de empaquetamiento.

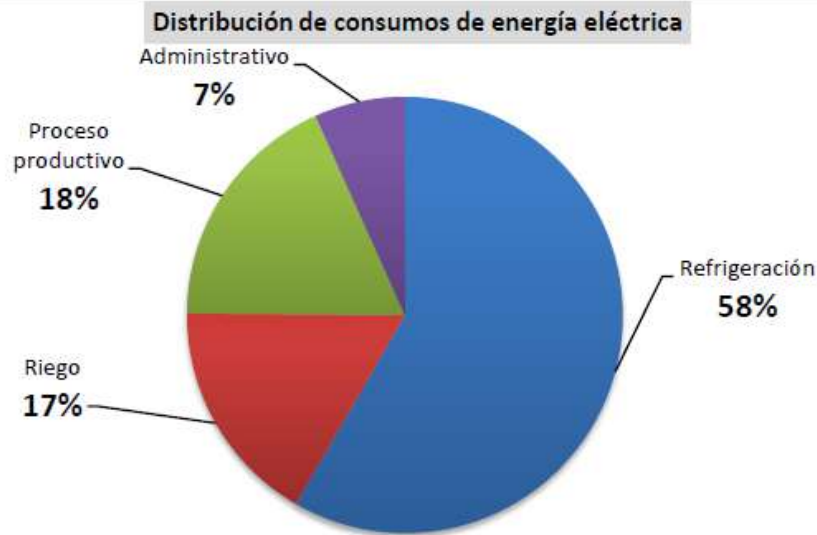


Ilustración 87 Matriz de energías secundarias para el packing de la empresa Sociedad Agrícola Puente Negro.

Otro gráfico interesante corresponde a la distribución de consumos para los meses noviembre-julio. En este, se puede ver algunos detalles interesantes:

En primer lugar, hay consumo fuera de los meses de temporada, correspondiente al uso del sistema de riego.

Luego, los peak de consumo, que según el desglose de energía corresponden al uso de maquinaria y sobre todo a las cámaras de refrigeración, están completamente acopladas al perfil de la producción de peras y manzanas que son las frutas ampliamente más significativas en términos de volumen de producción.

Esto, posiblemente quiere decir, que la refrigeración no se extiende mucho más allá de los meses de empaquetamiento de la fruta.



Ilustración 88 Distribución anual de consumo eléctrico de la empresa Sociedad Agrícola Puente Negro.

Aparte, de la información entregada, la relación entre capacidad de producción y volumen e almacenamiento es aproximadamente 1,99, bastante superior al utilizado en la presentación de Dosal de 1,22. Lo que sugiere una mejor utilización del espacio de almacenamiento.

El horario de trabajo es en días de semana de 7 a 18.15 horas, con una hora para almuerzo, y el fin de semana entre 7 y 13.30 horas.

En general esta auditoría energética tiene bastante detalle, incluso documenta los modelos de las principales tecnologías, perfiles medidos de potencia eléctrica, eficiencias estimadas, principales medidas de eficiencia energética recomendadas, entre otra información relevante de la producción.

La mayor parte de la calibración de los modelos utilizados se hizo en base a este caso de estudio, puesto que documenta casi todas las variables de entrada utilizadas por los modelos e indica de buena manera los balances esperados.

7.1.2.9. “Manual de Buenas Prácticas Energéticas para la Industria Frutícola”, ASOEX, FDF, Fundación Chile, CNE, AGROCAP, Diciembre 2009.

Este manual de buenas prácticas, documenta sobre todo las formas en las que se debe recopilar la información para llevar un buen control y observación sobre las diversas áreas de consumo energético dentro de un packing.

Contiene una serie de formularios tipo, y ofrece algunos ya llenados, como el que se muestra a continuación.

Tabla 16. Registro y consumo eléctrico sectorizado.

| Registro y Consumo Eléctrico Sectorizado | | |
|--|----------------|-----------------------|
| Sección | Kilowatts/Hora | Cantidad de Horas Día |
| Oficinas Administración | 56 | 12 |
| Casas | | |
| Baños | 3 | 12 |
| Casino | 12 | 18 |
| Bombas pozo profundo e Hidropack | 50 | 24 |
| Portería | 6 | 14 |
| Romana | 2 | 12 |
| Ducha de Camiones | | |
| Fumigación | 54 | 12 |
| Gasificación | 14 | 14 |
| Frigorífico | | |
| Hidrocooling y Maquinaria Relacionada | | |
| Prefrio, Maquinaria Relacionada y Alumbrado | 293 | 12 |
| Cámaras F/C, Maquinaria Relacionada y Alumbrado | 604 | 16 |
| Cámaras A/C, Maquinaria Relacionada y Alumbrado | | |
| Galpones y Enmallados (Alumbrado) | 5 | 12 |
| Packing | | |
| Packing Uvas, Máquinas Auxiliares y Alumbrado | 124 | 16 |
| Packing Fruta Redonda, Máquinas Auxiliares y Alumbrado | | |
| Bodega de Materiales, Máquinas Auxiliares y Alumbrado | 15 | 18 |
| Armadería, Máquinas Auxiliares y Alumbrado | 54 | 12 |
| Galpón Almacenaje Materiales (Alumbrado) | 3 | 12 |
| Patio de Envases (Alumbrado) | 9 | 14 |

Ilustración 89 Formulario tipo para seguimiento de consumo energético propuesto por Fundación Chile y FdF.

De este listado resulta interesante el listado de todas las operaciones que pueden utilizar energía en el proceso.

7.1.2.10. Tesis “Plan de gestión de eficiencia energética exportadora frugal planta al mundo”, Silvia María Briso Urbina, Enero 2013.

Este trabajo de tesis, ofrece la información entregada por la exportadora Frugal, planta Al Mondo y un listado extenso de medidas de eficiencia energética, específicas de los consumos más significativos en la planta.

Distribución de energía año 2012

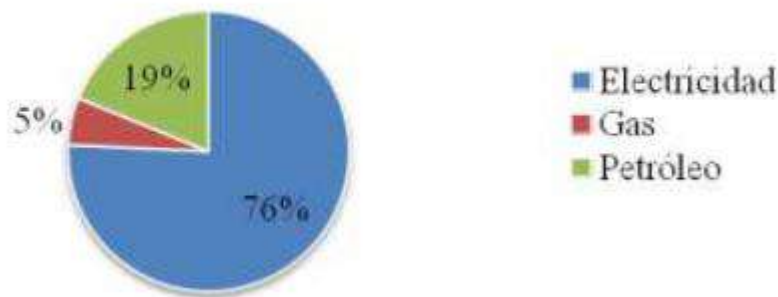


Ilustración 90 Matriz de energías secundarias para planta Al Mondo de la exportadora Frugal.

Al igual que los demás estudios, la matriz de fuentes secundarias energéticas apunta a la electricidad como el principal consumo, luego el petróleo y por último el gas.

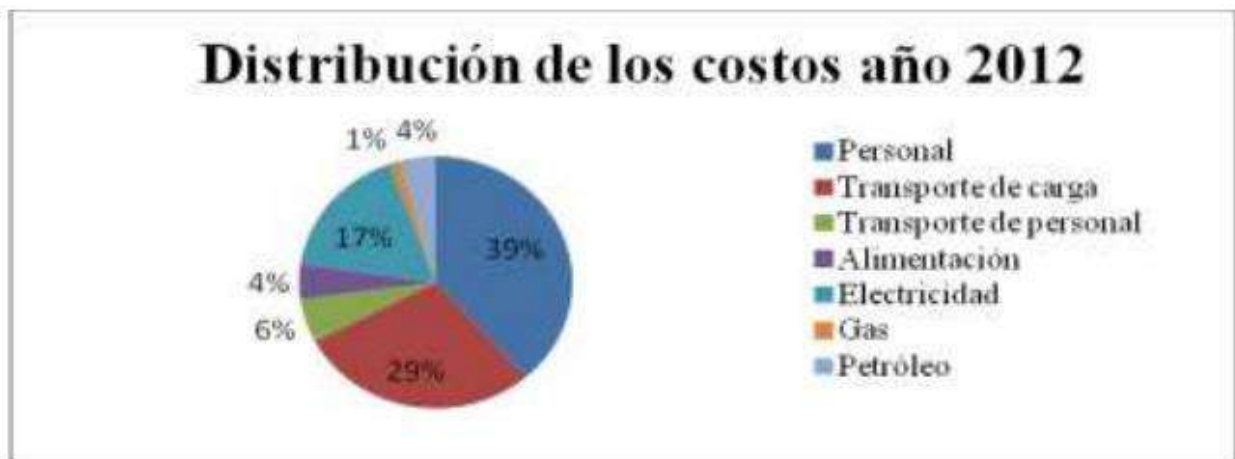


Ilustración 91 Distribución de costos asociados a la planta Al Mondo de la empresa Frugal.

De forma interesante, a diferencia de los demás estudios, muestra un desglose de los costos anuales de la planta, en los cuales la energía corresponde a un 22% (Electricidad, gas y petróleo).

Esto resulta interesante, si se considera que el costo más relevante corresponde al personal de la planta, secundado por el costo del transporte de la fruta.

7.1.3. Descripción de la metodología desarrollada

7.1.3.1. Planteamiento

Para una buena comprensión de lo desarrollado, se describe de la metodología global desarrollada sin entrar en la descripción de los modelos matemáticos, que pueden verse en **5. Modelado energético de procesos y otros consumos**

Según se ha podido identificar en la revisión bibliográfica, los procesos de packing presentan una gran diversidad de operaciones consumidoras de energía de diversas fuentes y con distintos niveles de dependencia del volumen, el clima o tipología de fruta procesada. Los podemos clasificar según sigue:

- Enfriamiento y Climatización
- Electromecánicos y neumáticos
- Calentamiento de agua
- Secado
- Iluminación

Que proceden de distintas energías primarias o secundarias, en general electricidad, GLP y diésel, con usos directos, como el GLP para secado, que es quemado en generadores de aire caliente, o indirectos como el diésel que se utiliza para generar electricidad que se usa para otros procesos.

Como se ha visualizado en la revisión bibliográfica, la principal fuente consumida es electricidad, de la cual el principal consumidor es la producción de frío. Se utiliza la electricidad también para equipos electromecánicos de proceso y producción de aire comprimido, así como para iluminación. El GLP se usa para la producción de agua caliente (ACS, lavado de equipos y lavado de frutas) y para la producción de aire caliente para secado, mientras que el diésel se usa para la generación de electricidad.

La distinta importancia relativa, complejidad y disponibilidad de datos de cada uno de los consumos, ha llevado a elegir distintos tipos de aproximaciones matemáticas, pero todas con el mismo objeto: lograr un balance energético acorde a lo conocido y generar unos perfiles horarios de cada una de las demandas de la forma más segregada posible para su uso en el análisis de mejoras.

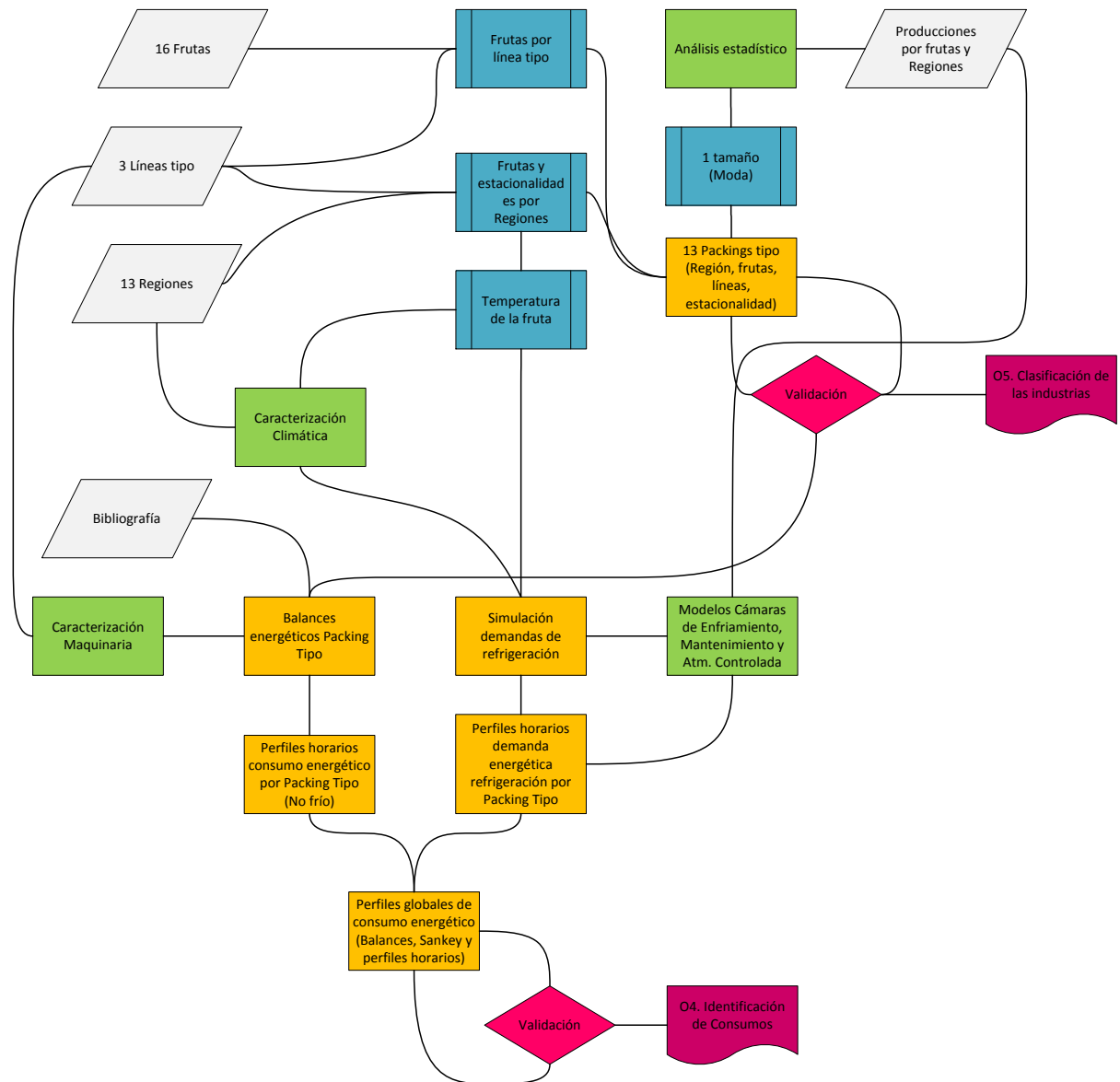


Ilustración 92 Diagrama detallado de la metodología de modelado

7.1.3.2. Aproximación macro o estadística

Partiendo de los datos recopilados en el Objetivo 1 del presente estudio, se compone la estructura de la producción: qué frutas en qué regiones, cuando y en qué cantidades, así como qué tamaños de Packings. Estos datos permiten definir la estacionalidad y la producción de cada fruta en cada mes, así como los volúmenes relativos de unas y otras frutas, que son distintos en cada Región en cada mes.

En base al procesamiento de estos datos, se define un Packing tipo en cada Región, que representa la especificidad de la producción regional, con todas las frutas presentes, pero a la escala de la Moda del tamaño de los Packings en dicha región.

7.1.3.3. *Aproximación técnica*

Estos Packings pueden responder, según la tipología de frutas que procesen, a distintos niveles de complejidad. En base lo comprendido en bibliografía y a lo observado en las visitas a terreno, se definen tres niveles de complejidad de Packing, tal como se describen en **5.1. Tipos de líneas de packing**, en función de los procesos que incluyen.

La caracterización de procesos y operaciones, permite definir qué procesos y consumos comporta pues cada uno de los niveles y la dependencia de estos consumos de las variables características, llegando a los modelos que cuantifican y distribuyen el consumo de electricidad asociado operaciones electromecánicas y neumáticas, por una parte y a iluminación por otra.

En este ámbito se incluye también el desarrollo de los modelos de consumo de GLP para usos térmicos de calor, que pueden presentar dependencia del clima, pero principalmente de los volúmenes de procesamiento de fruta.

7.1.3.4. *Aproximación física*

Finalmente se han desarrollado modelos matemáticos de fenómenos físicos para aquellos fenómenos más dependientes del clima y de mayor importancia relativa y cualitativa, como son los procesos asociados a la refrigeración, tanto a los túneles de frío como a las cámaras de conservación. Otras aproximaciones físicas se han usado también para validar hipótesis o balances con otros datos externos de carácter técnico o bibliográfico.

7.1.3.5. *Resultados*

Finalmente, el cruce de las distintas aproximaciones y modelos de comportamiento permite generar los modelos de demanda de energía de los distintos procesos. Estos modelos tienen resolución horaria y están segregados por tipo de uso:

- Producción de frío
- Producción de agua caliente
- Producción de aire caliente
- Dispositivos electromecánicos y neumáticos
- Iluminación

Y a su vez están agregados por fuentes de energía primaria o secundaria, electricidad, GLP o diésel.

A parte de los modelos horarios, cuya utilidad es la simulación horaria de las medidas de mejora energéticas, se han generado los balances energéticos mensuales y el diagrama de flujo energético anual tipo Sankey.

7.2. Resumen de operaciones por tipo de fruta

Existe más de un centenar de tipos de frutas producidas en Chile, pero con el objeto de realizar este estudio se tomaron en consideración los tipos más importantes, que definen las líneas de empaque más comunes, estas son: Uva de Mesa; Carozos (Duraznos, Nectarinos, Damascos, Palta y Ciruela); Cítricos (Limonos, Naranjas, Mandarinas, Clementinas y Pomelos); Pomáceas (Manzanas y Peras); Kiwis; Cerezas y Berries (Arándanos y Frambuesas).

En la Tabla 40 se muestran los diferentes equipos utilizados en el procesamiento de cada tipo de fruta, indicando entre paréntesis el tipo de energía que utiliza cada equipo, en la mayoría de los casos se trata de equipos que utilizan energía eléctrica, el gas licuado (GLP) es utilizado en algunos modelos de grúa horquilla y para calentar agua en procesos que requieren agua caliente.

Tabla 40: Equipos asociados a procesamiento por tipo de fruta (Fuente: Elaboración propia a partir de levantamiento de información de estudio y visitas a plantas)

| Equipos (energía utilizada) | Uvas | Pomáceas | Cereza | Berries | Cítricos | Kiwis y Carozos |
|--|------|----------|--------|---------|----------|-----------------|
| Equipos asociados a Lavado de bins y cajas | | | | | | |
| Hidrolavadoras (Electricidad) | X | X | X | X | X | X |
| Agua Red (Electricidad) | X | X | X | X | X | X |
| Equipos asociados a Recepción / Pre-selección | | | | | | |
| Grúas Horquillas (Electricidad o GLP) | X | X | X | X | X | X |
| Elevadores (Electricidad) | | | X | X | | |
| Motores Correas Transportadoras (Electricidad) | X | X | X | X | X | X |
| Equipos asociados a Control de Madurez | | | | | | |
| Desverdizadora (Electricidad) | | | | | X | |
| Equipos asociados a Almacenamiento Pre Selección | | | | | | |

| Equipos (energía utilizada) | Uvas | Pomáceas | Cereza | Berries | Cítricos | Kiwis y Carozos |
|--|------|------------------------|--------|---------|----------|-----------------|
| Motores Compresores de Frío (Electricidad) | | X | X | | | X |
| Motores Evaporadores (Electricidad) | | X | X | | | X |
| Motores Bombas (Electricidad) | | X | X | | | X (Paltas) |
| Motores Correas Transportadoras (Electricidad) | | X | X | | | X (Paltas) |
| Motores Ventiladores (Electricidad) | | X | X | | | X (Paltas) |
| Equipos asociados a Descarga / Volcado | | | | | | |
| Motor Volteadora (Electricidad) | | | | | X | |
| Motores Correas Transportadoras (Electricidad) | X | X | X | X | X | X |
| Equipos asociados a Lavado | | | | | | |
| Motores Correas Transportadoras (Electricidad) | | X | | | X | |
| Agua Caliente (GLP) | | X(Solo Manzanas Rojas) | | | X | |
| Motores Bombas o Red de Agua (Electricidad) | | X | X | | X | |
| Equipos asociados a Fumigación / Sanitización | | | | | | |
| Motores Ventiladores (Electricidad) | X | X | X | | | |
| Motores Bombas o Red de Agua (Electricidad) | X | X | X | | | |
| Equipos asociados a Encerado | | | | | | |
| Motores Correas Transportadoras (Electricidad) | | X | | | X | X (Solo Paltas) |

| Equipos (energía utilizada) | Uvas | Pomáceas | Cereza | Berries | Cítricos | Kiwis y Carozos |
|--|------|----------|--------|---------|----------|------------------|
| Nebulizador (Electricidad) | | | | | X | |
| Equipos asociados a Secado en túnel de viento | | | | | | |
| Quemadores (GLP) | | X | | | X | X (Solo Paltas) |
| Motores Correas Transportadoras (Electricidad) | | X | | | X | X (Solo Paltas) |
| Motores Ventiladores (Electricidad) | | X | | | X | X (Solo Paltas) |
| Equipos asociados a Despalillado | | | | | | |
| Despalilladora (Electricidad) | | | X | | | |
| Equipos asociados a Selección | | | | | | |
| Motores Correas Transportadoras (Electricidad) | X | X | X | X | X | X |
| Equipos asociados a Calibrado | | | | | | |
| Motores Correas Transportadoras (Electricidad) | X | X | X | X | X | X |
| Equipos asociados a Embalaje | | | | | | |
| Motores Correas Transportadoras (Electricidad) | X | X | X | X | X | X |
| Equipos asociados a Cámara Pre-frío y frío | | | | | | |
| Motores Compresores de Frío (Electricidad) | X | X | X | X | X | X |
| Motores Ventiladores Evaporadores (Electricidad) | X | X | X | X | X | X |
| Grúas Horquillas (Electricidad o GLP) | X | X | X | X | X | X |

| Equipos (energía utilizada) | Uvas | Pomáceas | Cereza | Berries | Cítricos | Kiwis y Carozos |
|--|------|----------|--------|---------|----------|-----------------|
| Equipos asociados a Cámara de Atmósfera Controlada | | | | | | |
| Motores Compresores de Frío (Electricidad) | X | X | X | X | X | X |
| Motores Ventiladores Evaporadores (Electricidad) | X | X | X | X | X | X |

7.3. Modelado energético de procesos y otros consumos

7.3.1. Tipos de líneas de packing

Para modelar el comportamiento de las bodegas, se clasificaron las frutas en grupos que tuvieran líneas de producción relativamente diferentes entre sí en cuanto a los procesos que significan algún tipo de consumo energético.

Las frutas incluidas en esta clasificación, y su producción másica nacional (Odepa 2015) son:

Tabla 41. Producción másica nacional anual (Odepa 2015)⁵⁸

| | Exportaciones (ton/año) | Consumo local (ton/año) | Congelados (ton/año) | Total (ton/año) | % del total ⁵⁹ | % acumulado ⁶⁰ |
|----------------|-------------------------|-------------------------|----------------------|-----------------|---------------------------|---------------------------|
| Uva | 775.357 | 15.378 | 4 | 790.740 | 26% | 26% |
| Manzana | 649.675 | 60.763 | 391 | 710.829 | 23% | 49% |
| Kiwi | 192.975 | 12.119 | 2 | 205.096 | 7% | 56% |
| Pera | 146.233 | 25.893 | NA | 172.126 | 6% | 62% |
| Limón | 65.210 | 97.807 | NA | 163.017 | 5% | 67% |
| Palta | 94.755 | 33.333 | NA | 128.088 | 4% | 71% |
| Ciruela | 102.696 | - | NA | 102.696 | 3% | 75% |
| Naranja | 62.338 | 39.107 | NA | 101.446 | 3% | 78% |
| Cereza | 93.170 | - | NA | 93.170 | 3% | 81% |

⁵⁸ Las celdas en blanco quieren decir que no hay producción (columna de congelados). Las celdas con “-” quieren decir que no existe la información.

⁵⁹ Porcentaje de la producción total declarada

⁶⁰ Porcentaje acumulado en relación a la producción total declarada

| | Exportaciones (ton/año) | Consumo local (ton/año) | Congelados (ton/año) | Total (ton/año) | % del total ⁵⁹ | % acumulado ⁶⁰ |
|--------------|-------------------------|-------------------------|----------------------|------------------|---------------------------|---------------------------|
| Arándano | 56.455 | - | 33.865 | 90.320 | 3% | 84% |
| Nectarín | 55.851 | 15.368 | NA | 71.219 | 2% | 86% |
| Mandarina | 47.572 | 13.362 | NA | 60.934 | 2% | 88% |
| Durazno | 25.154 | 11.844 | 302 | 37.300 | 1% | 90% |
| Frambuesas | - | - | 31.085 | 31.085 | 1% | 91% |
| Total | 2.478.114 | 451.886 | 112.061 | 3.042.061 | | |

De la tabla anterior se desprende que las frutas seleccionadas representan un 91% de la producción de la industria chilena (fruta fresca para el mercado internacional y nacional).

A partir de este listado de fruta se hizo un levantamiento de los distintos tipos de líneas de packing utilizados y también se consultó a través de las visitas y llamadas a expertos.

Se estudió cada tipo de fruta y se analizó que procesos estaban presentes en cada tipo de fruta (pomáceas, carozos, cítricos, berries, entre otros).

La bibliografía es extensa y como resultado se encontró que incluso para cada tipo de fruta existen múltiples formas de empaquetamiento. Por ejemplo, algunos lavan las naranjas con agua caliente, otros con agua fría, algunos enfrían con hidro-cooling otros con cámara de pre-frío, etc.

Sin embargo, a pesar de que los procesos puedan diferir en tipologías de tecnología, una agrupación posible es a través de la complejidad del proceso.

Así, se contemplaron tres tipos de líneas posibles para procesar la fruta:

- Línea básica de procesamiento
- Línea de media complejidad
- Línea de alta complejidad

7.3.1.1. Línea básica de procesamiento

La línea básica de procesamiento se encuentra en las frutas que son muy delicadas y por tanto su manipulación usualmente (ver Objetivo 1) se hace en packings satélites. Para estos, casos, el único proceso centralizado corresponde al almacenamiento en cámaras de frío.

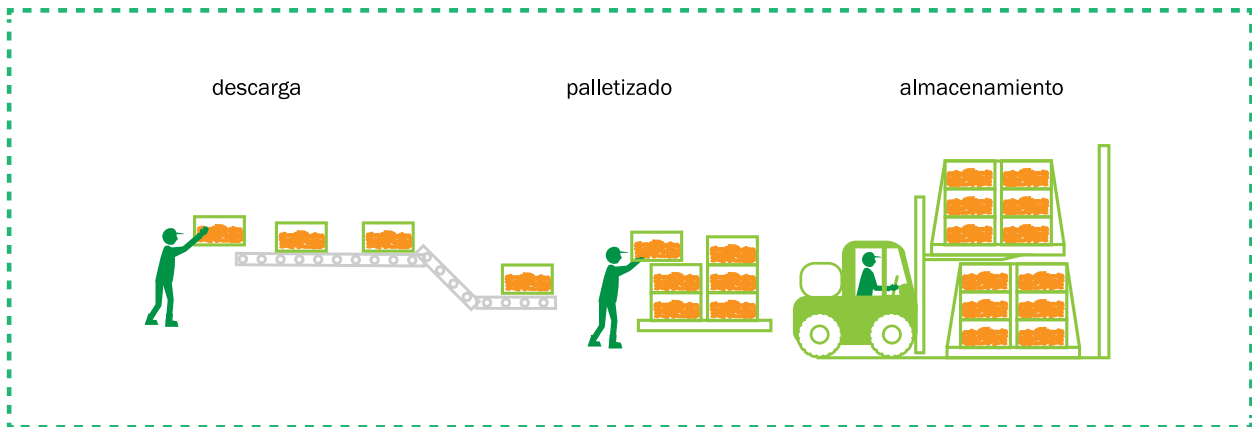


Ilustración 93: Esquema de una línea de empaquetamiento básica o de baja complejidad.

Este procesamiento, es válido para las siguientes frutas:

- Uva de mesa
- Cerezo
- Arándano
- Frambuesa

En algunos casos, el espacio en que se realiza el empaquetado está climatizado, debido a que los frutos son muy sensibles al calor. Sin embargo, el tiempo de residencia de la fruta en el empaquetado es muy bajo (unos minutos) en relación al tiempo que está en el almacenamiento (días y semanas), por lo tanto, no se considera dentro de los modelos.

7.3.1.2. Línea de media complejidad

En una línea de media complejidad se recibe la fruta y luego se realizan varios procesos de clasificación y embalaje que consumen electricidad antes de que la fruta sea almacenada.

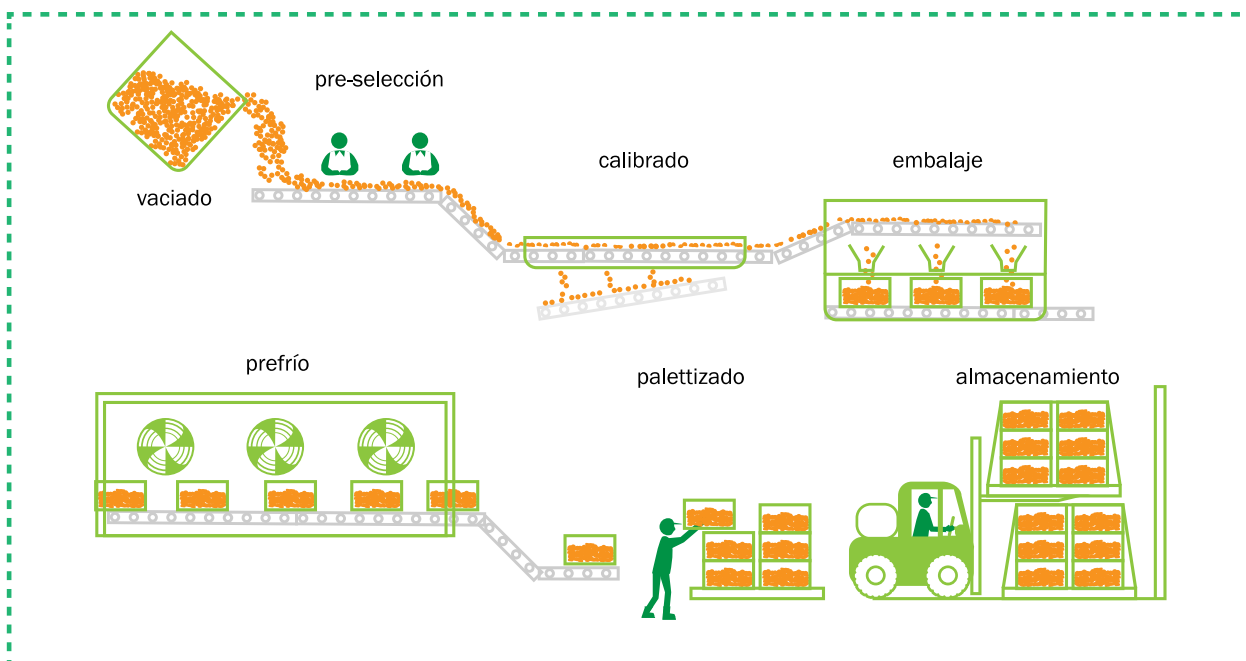


Ilustración 94: Esquema de una línea de empaquetamiento de media complejidad.

Este procesamiento, es válido para las siguientes frutas:

- Palta
- Durazno
- Ciruelo
- Kiwi

7.3.1.3. Línea de alta complejidad

La línea de mayor complejidad incorpora procesos térmicos adicionales puesto que incluye procesos de lavado, secado y encerado.

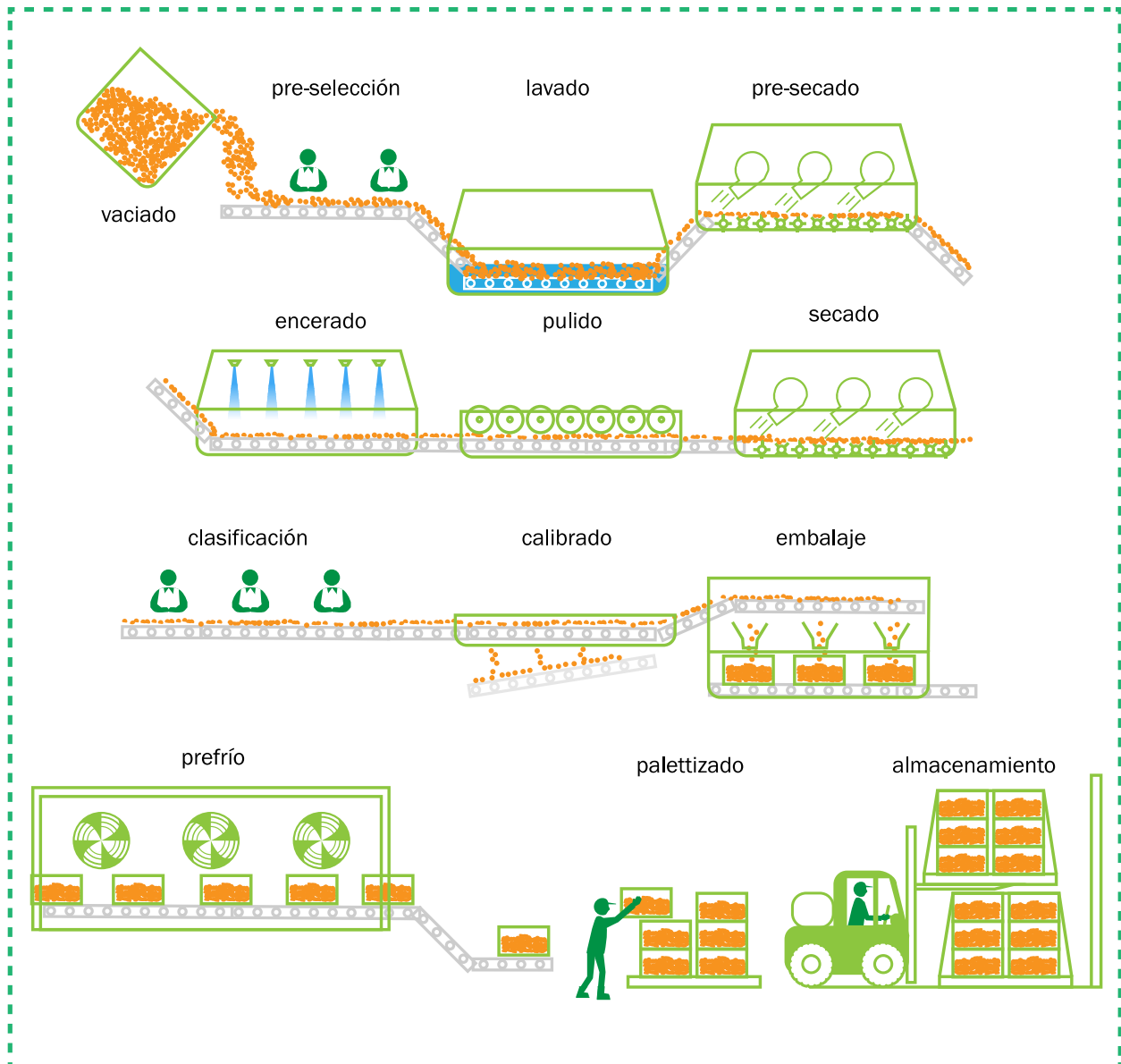


Ilustración 95: Esquema de una línea de empaquetamiento de alta complejidad.

Este procesamiento, es válido para las siguientes frutas:

- Nectarino
- Manzana
- Pera
- Mandarina

- Limón
- Naranja

7.3.2. Descripción de los modelos

Para el desarrollo de los modelos de consumo de energía, se clasifican los consumos identificados según las siguientes familias:

- Enfriamiento
- Climatización
- Electromecánicos, iluminación y otros consumos eléctricos
- Calentamiento de agua
- Secado

A continuación se describen las hipótesis y modelos desarrollados en el marco de cada una de las familias de consumos:

7.3.2.1. *Enfriamiento y Climatización*

El primer modelo se construyó con información climático-geográfica de las 10 regiones de Chile que contienen producción frutícola, con datos obtenidos del explorador solar, debido a su elevada resolución y confiabilidad (Comisión nacional de energía, 2009), (Departamento de geofísica de la Universidad de Chile, 2012)).

Dada la relevancia constatada en la bibliografía del consumo de electricidad, y en particular el consumo de frío, en los perfiles de demanda del sector, el detalle que se trató de generar en los modelos tiene un especial énfasis en esta área.

La refrigeración de fruta considera los siguientes fenómenos:

- Pérdidas por transmisión a través de la envolvente (depende principalmente de la velocidad del viento, la radiación solar para la época y región de consumo, y las características constructivas de la bodega)
- Pérdidas por infiltraciones voluntarias: Son las pérdidas debido al flujo de aire cálido debido a la apertura de puertas para el llenado-vaciado de las cámaras. Depende principalmente del tiempo que se demoren en cargar las cámaras y el perfil de temperatura ambiente exterior.
- Pérdidas por infiltraciones involuntarias: Son las pérdidas debido al flujo de aire cálido que entra por la falta de hermeticidad de las cámaras. Dependen principalmente de las renovaciones por hora de las cámaras y del perfil de temperatura ambiente exterior.
- Enfriamiento inicial de la fruta: Es la energía necesaria para reducir la temperatura de la fruta que ingresa desde el campo.
- Energía aportada por los ventiladores al interior de las cámaras: La ineficiencia de los motores eléctricos utilizados para ventilar los recintos contribuyen con una carga térmica constante mientras las cámaras estén operando.

Se descarta el aporte del calor humano debido a que en la mayoría de las bibliografías mencionadas se considera como despreciable.

También se descartan las pérdidas por el suelo debido a que la temperatura de consigna de las bodegas es relativamente elevada para este fin y en la bibliografía utilizada no se hace este cálculo.

También se descarta el calor cedido por la iluminación puesto que durante las visitas se constató que la luminaria se encuentra apagada durante casi todo el tiempo.

A este trabajo también se suma toda la información levantada de los objetivos 1,2 y 3, para la base de datos de estadísticas regionales, sobre todo la producción de frutas y estacionalidad.

Debido a que la temperatura de consigna del mantenimiento de la fruta bordea los 0°C, y es siempre positiva, no se involucra el fenómeno de congelamiento, y por ende el calor latente de la fruta. Esto hace que la energía asociada al fenómeno de enfriamiento de la fruta, sea considerablemente menor que la energía para la compensación de las pérdidas térmicas, que en el caso en que ocurra el fenómeno de congelación.

Otro supuesto fuerte corresponde a la utilización de las cámaras de frío. El uso de frío es una necesidad que se explica principalmente por dos fenómenos:

- Para aumentar la vida útil de la fruta (cuando es para el mercado nacional)
- Por el desfase entre la oferta y la demanda (cuando es para el mercado internacional)

Es un hecho que casi toda la fruta producida es exportada, y esto toma tiempo. En el mejor de los casos, la fruta debe esperar para ser transportada y luego embarcada hacia su destino. Durante todo ese trayecto, la fruta debe ser refrigerada. Aparte, si la producción de la fruta se desfasa de la demanda internacional, entonces el periodo de almacenamiento se hace más extenso. Si el productor pudiera escoger no refrigerar la fruta, siempre tomaría esta decisión, por eso, el óptimo de operación de las cámaras de frío que se encuentran en los packing, siempre será el mínimo posible.⁶¹

Esto quiere decir que el perfil de funcionamiento de las cámaras es mucho más intenso mientras exista producción de fruta (Porque es el mínimo de tiempo durante el cual la fruta debe ser refrigerada). Esto se puede notar en dos de las auditorías recopiladas (Puente Negro y Proquilab).

Esto no quiere decir que las cámaras no funcionen durante el resto del año, porque siempre puede haber una fracción de la fruta que no se alcanzó a vender o que se decida almacenar fruta de otros productores. Pero en general, el grueso del consumo de energía para refrigeración, debería coincidir con la estacionalidad de las frutas.

⁶¹ Salvo que la empresa esté dedicada al rubro de la refrigeración, en cuyo caso, el perfil de demanda podría estar completamente desacoplado de la producción de la fruta.

A continuación, se enumeran todas las constantes/variables consideradas por los modelos, los valores utilizados como referencia, y la fuente de dichas referencias.

Tabla 42 Valores referenciales utilizados para el modelo de packing

| Variables de modelamiento | Unidad | Valor considerado | Referencias bibliográficas |
|---|-------------------|--|--|
| INPUTS GENERALES | | | |
| Localización | sin unidad | - | Ingresado por el usuario |
| Volumen de producción por tipo de fruta | kg | - | Ingresado por el usuario o en base a la estadística regional |
| Perfil de producción anual | kg/mes | - | Ingresado por el usuario o en base a la estadística regional |
| Horario de funcionamiento de la planta | hrs del día | 7.00 - 18.00 hrs | [1] y visitas |
| Periodo de horas punta de tarifa eléctrica | ventana de tiempo | Abril - Septiembre (18.00 - 24.00 hrs) | [7] |
| | | | |
| Consumos específicos y distribución de consumos | | | |
| Consumo específico de GLP LBC | kWh/kg | 0,0014 | [5] y calibrado con [1] y [2] |
| Consumo específico de GLP LMC | kWh/kg | 0,0014 | [5] y calibrado con [1] y [2] |
| Consumo específico de GLP LAC | kWh/kg | 0,01668 | [5] y calibrado con [1] y [2] |
| Consumo específico de electricidad (sin frío) LBC | kWh/kg | 0,0245 | [5] y calibrado con [1] |
| Consumo específico de electricidad (sin frío) LMC | kWh/kg | 0,0479 | [5] y calibrado con [1] |
| Consumo específico de electricidad (sin frío) LAC | kWh/kg | 0,0420 | [5] y calibrado con [1] |
| % de consumo eléctrico en producción | sin unidad | 70% | Calibrado con [1] |
| | | | |
| Eficiencia de grupos de generación | | | |
| Eficiencia de calderas | sin unidad | 0,85 | Estándar utilizado por Aguasol y calibrado con [1] |
| Eficiencia del grupo electrógeno | sin unidad | 0,3 | Estándar utilizado por Aguasol y calibrado con [1] |
| Eficiencia del ciclo de refrigeración | sin unidad | 2,5 | Estándar utilizado por Aguasol y calibrado con [1] |
| | | | |
| Para cálculo de volumen de refrigeración | | | |
| Relación acumulación en bin | kg/litro | 0,559 | [1], [16],[17],[18] |
| Relación acumulación/producción | m3/m3 | 1,2 | [1],[2] y [3] |

| Variables de modelamiento | Unidad | Valor considerado | Referencias bibliográficas |
|---|--------------|------------------------|--|
| Relación de aspecto de la bodega (altura, largo, ancho) | m:m:m | 1,5:4:5 | En base a las visitas |
| Para cálculos de pérdidas térmicas por convección y radiación | | | |
| Coeficiente global de transferencia térmica | W/m2.K | 1 | De referencias [8],[10],[13],[14], calibrado con [1] |
| Coeficiente de absortividad de techo | sin unidad | 0,5 | [19] |
| Coeficiente de absortividad de muro | sin unidad | 0,5 | [19] |
| Temperatura de consigna de refrigeración | °C | 0 | [22] |
| Velocidad del viento en región | m/s | perfil horario-mensual | [24] |
| Radiación horizontal en región | W/m2 | perfil horario-mensual | [24] corregido con [11] |
| Temperatura ambiente en región | °C | perfil horario-mensual | [24] |
| % consumo pérdidas en producción | sin unidad | 70% | Calibrado con [1] |
| Para cálculo de pérdidas térmicas por infiltraciones voluntarias y no voluntarias | | | |
| Capacidad de carga de una grua horquilla | kg | 2000 | [26] |
| Capacidad de carga de bin de fruta | kg | 450 | [1], [16],[17],[18] |
| Tiempo de apilación de bin | s | 300 | Elaboración propia |
| Humedad relativa al interior de las cámaras | %HR | 95% | [22] |
| Humedad relativa exterior | %HR | 70% | [20] |
| Velocidad del viento que ingresa por puertas abiertas | m/s | Máxima: 1,5 | [8] |
| Renovaciones por hora | ACH | 0,3 | [13] |
| Para cálculo de calor aportado por motores de ventiladores | | | |
| % de carga por ventiladores del clima | % | 7,50% | [8] |
| Para cálculo de enfriamiento de la fruta | | | |
| Calor específico - T. de refrigeración : Vid de mesa | kJ/kg.K - °C | 3,6 - 0 | [23] |
| Calor específico - T. de refrigeración : Manzano | kJ/kg.K - °C | 3,64 - 0 | [23] |
| Calor específico - T. de refrigeración : Palto | kJ/kg.K - °C | 3,01 - 5 | [23] |
| Calor específico - T. de refrigeración : Cerezo | kJ/kg.K - °C | 3,52 - 0 | [23] |
| Calor específico - T. de refrigeración : Ciruelo | kJ/kg.K - °C | 3,73 - 0 | [23] |

| Variables de modelamiento | Unidad | Valor considerado | Referencias bibliográficas |
|--|--------------|-------------------|----------------------------|
| Calor específico - T. de refrigeración : Arándano | kJ/kg.K - °C | 3,64 - 0 | [23] |
| Calor específico - T. de refrigeración : Durazno | kJ/kg.K - °C | 3,68 - 0 | [23] |
| Calor específico - T. de refrigeración : Kiwi | kJ/kg.K - °C | 3,89 - 0 | [24] |
| Calor específico - T. de refrigeración : Peral | kJ/kg.K - °C | 3,73 - 0 | [23] |
| Calor específico - T. de refrigeración : Naranja | kJ/kg.K - °C | 3,77 - 5 | [23] |
| Calor específico - T. de refrigeración : Limonero | kJ/kg.K - °C | 3,81 - 12 | [23] |
| Calor específico - T. de refrigeración : Nectarino | kJ/kg.K - °C | 3,68 - 0 | [23] |
| Calor específico - T. de refrigeración : Mandarino | kJ/kg.K - °C | 3,77 - 5 | [23] |
| Calor específico - T. de refrigeración : Frambuesa | kJ/kg.K - °C | 3,73 - 0 | [23] |
| Para cálculo de combustibles | | | |
| PCI Diesel | kWh/kg | 11,9 | [27] |
| Densidad Diesel | Kg/m3 | 840 | [27] |
| PCI GLP | kWh/kg | 13,1 | [27] |
| Densidad GLP | Kg/m3 | 550 | [27] |

Además, para facilitar la lectura, la siguiente tabla contiene el resumen de las fuentes bibliográficas:

Tabla 43 Fuentes bibliográficas para el modelo de packing

| # | Nombre corto | Fuente | año |
|---|---------------------------------|--|------|
| 1 | Puente Negro | 2.2.8. Informe final asistencia técnica preinversión eficiencia energética para la empresa Sociedad Agrícola Puente Negro, Francisco García León, Febrero 2010 | 2010 |
| 2 | Dosal | Presentación "Energías limpias, Frutícola Dosal", Felix Feres y Carlos Leiva, Septiembre 2011 | 2011 |
| 3 | RioBlanco | 2.2.6. Presentación "Caso exitoso Rio Blanco", Maxim Gutierrez Zozulia, 2009. | 2009 |
| 4 | Proquilab | 2.2.7. Presentación de Ingeniería Proquilab, Ricardo Cereceda | - |
| 5 | Estudio Internacional Sudáfrica | GOOD PRACTICES GUIDE FOR ENERGY EFFICIENCY AND EMISSIONS REDUCTION IN THE FRUIT PRODUCTION INDUSTRY | 2010 |
| 6 | Revista internacional Australia | A benchmark study of energy usage in export fruit production, packhouse and cold store operations | 2014 |
| 7 | Tarifas eléctricas | https://www.chilectra.cl/tarifas | 2016 |

| # | Nombre corto | Fuente | año |
|----|--|---|------|
| 8 | Manual de cálculo, refrigeración de alimentos | Industrial refrigeration handbook. Chapter 17 . Refrigeration and freezing of foods | 1998 |
| 9 | Modelación de cargas convectivas externas | Convective heat transfer coefficients for exterior building surfaces: Existing correlations and CFD modelling | 2010 |
| 10 | Apuntes de transferencia de calor | Apuntes para el curso de transferencia de calor. Ing. Mecánica. U. de Chile | 2006 |
| 11 | Biblia de la energía solar | Solar engineering of thermal process, Duffie - Beckman | 2013 |
| 12 | Cálculo de potencia de refrigeración en un caso "real" | Energy Efficient Buildings Heat Gain/Loss through Walls | - |
| 13 | ASHRAE para infiltraciones | ASHRAE Standard 62.2 | 2004 |
| 14 | ASHRAE fundamental (para cálculo de pérdidas térmicas) | Ashrae Handbook Of Fundamentals | 2013 |
| 15 | Apuntes de eficiencia energética en el procesamiento de comida | Energy Efficiency and the Quality of Energy in the Food Processing Industry, Delft University of Technology | 2002 |
| 16 | Vendedor de Bins 1 | http://www.mecaplastics.com/ | - |
| 17 | Vendedor de Bins 2 | http://comercialnwen.cl/work/bins-plastico/ | - |
| 18 | Vendedor de Bins 3 | http://www.rcnegociossac.com/pdf/BIN%20UPC%20CERRADO.pdf | - |
| 19 | Transmisividades de materiales | http://materias.fi.uba.ar/6731/Tablas/Tabla3.pdf | - |
| 20 | Climogramas de Chile para HR | DATOS CLIMATOLÓGICOS DE CHILE PARA LA ELABORACIÓN DEL MODELO CHILE-SR, PUC | 2011 |
| 21 | Capacidades térmicas y coeficientes de transpiración | Thermal properties of food | - |
| 22 | Temperaturas de refrigeración y humedad relativa de alimentos | http://www.fao.org/wairdocs/x5403s/x5403s0a.htm | - |
| 23 | Engineering Toolbox - Cp frutas | http://www.engineeringtoolbox.com/specific-heat-capacity-food-d_295.html | - |
| 24 | Cp de algunas frutas tropicales | Specific heat (Cp) of tropical fruits | 2012 |
| 25 | Explorador solar | http://walker.dgf.uchile.cl/Explorador/Solar3/ | 2015 |
| 26 | Vendedor de gruas horquilla | http://www.royalrental.cl/gruashorquillas/?gclid=CLinv8vkpc8CFYKBkQodCfwKFQ | - |
| 27 | Tabla de combustibles | http://huelladecarbono.minenergia.cl/combustible-chile | 2015 |

Luego, a partir de estos supuestos, el modelo calcula las pérdidas térmicas de forma horaria.

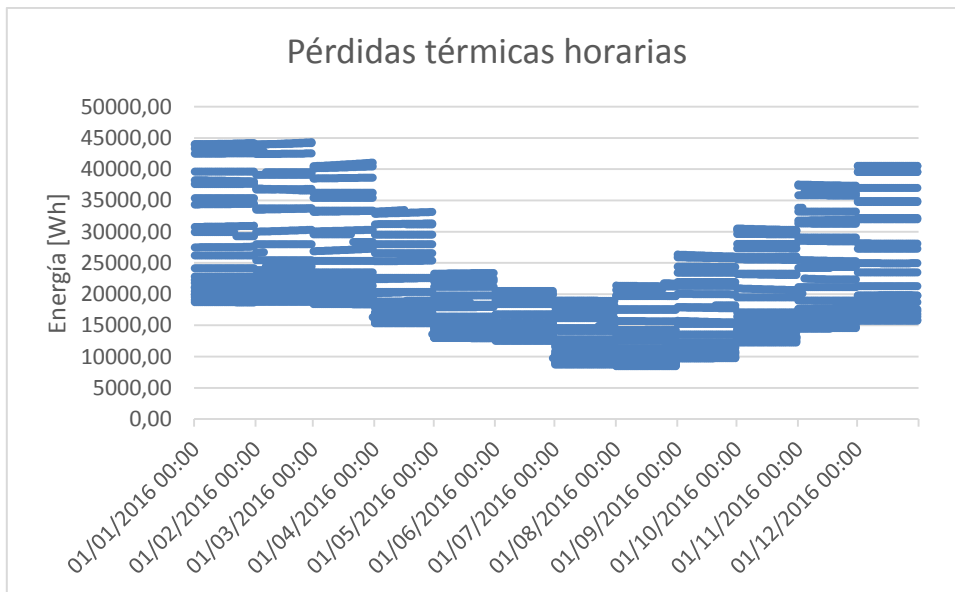


Ilustración 96. Pérdidas térmicas para cámara de frío situada en la región de O'higgins

La continuidad en los puntos de la figura anterior se explica en base al perfil promedio horario-mensual. Vale decir, para un mes determinado, todos los días a una determinada hora la temperatura es la misma. Por este motivo, para cada mes debería haber 24 filas y un número de columnas igual a la cantidad de días del mes.

7.3.2.2. *Análisis de sensibilidad del modelo de refrigeración*

Con el modelo anteriormente generado, calibrado, se realizaron algunas pruebas para estudiar cómo afecta cada tipo de variable en el perfil de demanda.

Como punto central del análisis se utilizó el estudio de Puente Negro por ser un caso real con información suficiente abundante. Los parámetros considerados en el modelo son los mencionados en el capítulo 5.2.1.

Tabla 44 Producción total mensual por tipo de fruta

| Fruta | Enero | Febrero | Marzo | Abril | Mayo | Junio | Julio | Agosto | Septiembre | Octubre | Noviembre | Diciembre |
|--------------|-------------|------------------|------------------|------------------|------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-----------------|
| Vid de mesa | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 2.042,63 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| Manzano | 0,00 | 19.406,11 | 27.957,63 | 27.957,63 | 19.406,11 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| Cerezo | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 8.435,17 |
| Peral | 0,00 | 18.623,58 | 18.623,58 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| TOTAL | 0,00 | 38.029,68 | 46.581,21 | 27.957,63 | 21.448,73 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 8.435,17 |

Esto dio como resultados el siguiente perfil de consumo de energía asociada a frío, de forma mensual:

Tabla 45 Energía asociada a pérdidas térmicas y enfriamiento de la fruta (primer frío)

| mes | Pérdidas por la envolvente [kWh] | Primer frío [kWh] | Pérdidas por infiltraciones permanentes [kWh] | Pérdidas por infiltraciones voluntarias [kWh] | Pérdidas equipos de frío | Total [kWh] |
|------------|----------------------------------|-------------------|---|---|--------------------------|-------------------|
| Enero | 10.297 | 0 | 6.406 | 0 | 1.253 | 17.956 |
| Febrero | 21.566 | 40.289 | 22.297 | 16.529 | 7.551 | 108.232 |
| Marzo | 20.895 | 49.348 | 21.506 | 16.992 | 8.156 | 116.897 |
| Abril | 16.095 | 29.618 | 16.005 | 7.972 | 5.227 | 74.917 |
| Mayo | 12.770 | 22.723 | 12.417 | 4.845 | 3.957 | 56.711 |
| Junio | 4.381 | 0 | 2.959 | 0 | 551 | 7.891 |
| Julio | 3.700 | 0 | 2.312 | 0 | 451 | 6.463 |
| Agosto | 4.157 | 0 | 2.608 | 0 | 507 | 7.273 |
| Septiembre | 4.949 | 0 | 2.956 | 0 | 593 | 8.497 |
| Octubre | 6.559 | 0 | 4.010 | 0 | 793 | 11.361 |
| Noviembre | 8.009 | 0 | 4.762 | 0 | 958 | 13.729 |
| Diciembre | 21.417 | 8.936 | 19.862 | 3.469 | 4.026 | 57.711 |
| | 28% | 31% | 24% | 10% | 7% | 100% |
| | 134.796,52 | 150.914,09 | 118.098,99 | 49.806,75 | 34.021,23 | 487.637,57 |

Las energías más importantes corresponden a fenómenos de transmisión por la envolvente, al primer frío y a las infiltraciones.

Luego, se realizó una escala de producción para visualizar la relevancia del tamaño de la producción en el proceso de refrigeración asociado a las pérdidas.

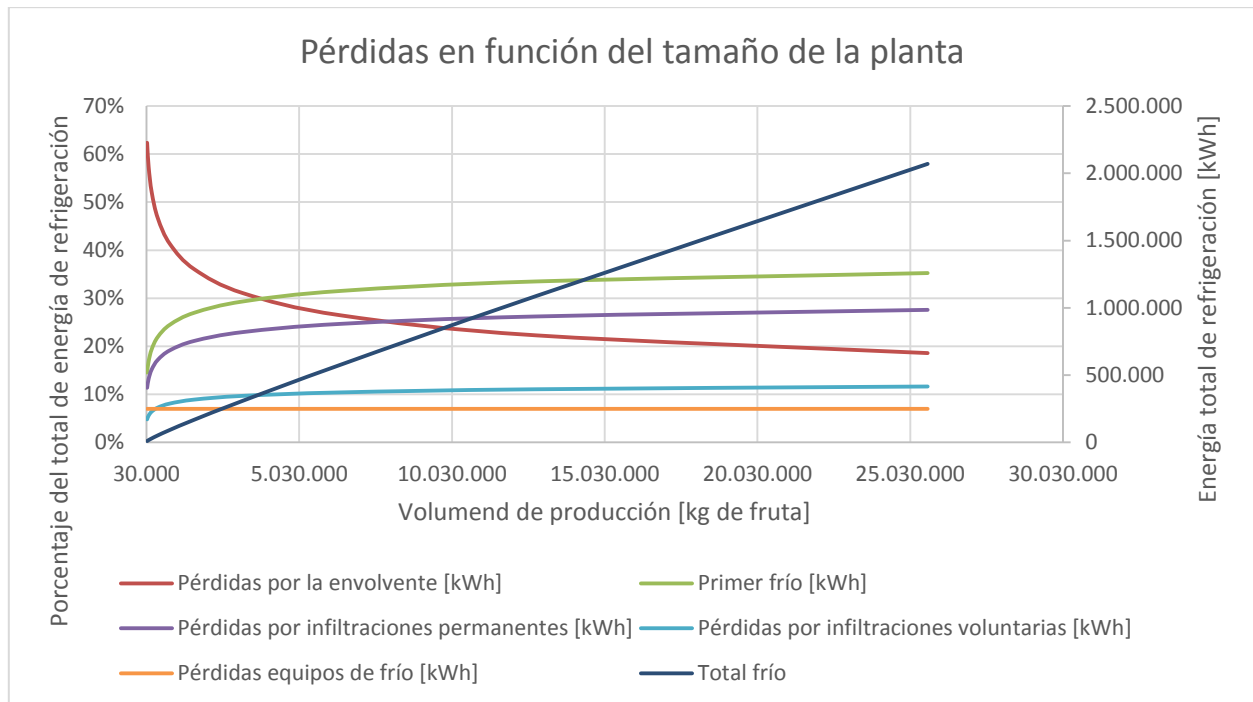


Ilustración 97. Sensibilidad de la demanda de frío frente al volumen de almacenamiento

A partir de este gráfico se observa lo siguiente:

- Las pérdidas por envolvente reducen drásticamente su contribución con el tamaño (sobre todo a una escala menor) mientras que las demás pérdidas, así como el primer frío aumentan en forma logarítmica. Si se considera que en el modelo el tiempo de guarda de la fruta corresponde principalmente al tiempo de producción y que la eficiencia del apilamiento es constante, entonces esto es coherente.
- El total de energía para refrigeración es casi lineal con el tamaño de la producción
- Básicamente lo que quiere decir este gráfico es que mientras más fruta se posea (con un buen coeficiente de apilamiento de 1,2 y una aislación con un coeficiente global de transferencia de 1 [W/m².K]), la cantidad de energía necesaria para mantener el volumen de control a baja temperatura es menor que la necesaria para el enfriamiento.

Y luego, se puede ver que hay un comportamiento casi lineal entre el volumen de la cámara de frío y la energía total, lo que tiene sentido si se considera que la gran mayoría de esta energía se va por las pérdidas térmicas.

Luego, se hizo un ejercicio similar para la ineficiencia del almacenamiento (volumen no utilizado de bodega).

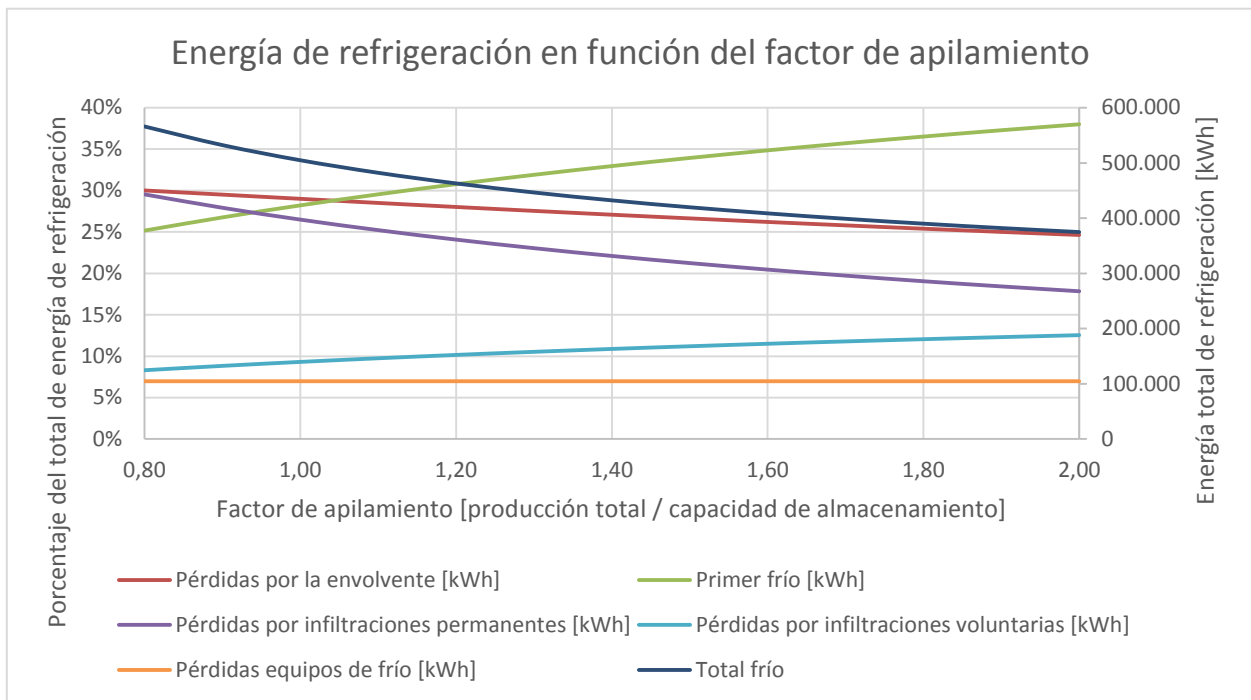


Ilustración 98. Sensibilidad de la demanda de frío a la sub-utilización de la cámara de frío

El coeficiente de apilamiento se define como el volumen total de producción dividido por el volumen total de almacenamiento. Mientras más alto, peor es el dimensionado de las cámaras de refrigeración.

El coeficiente de apilamiento es una nomenclatura creada para este proyecto, no corresponde a ningún número utilizado por la normativa u otra referencia.

En este gráfico se muestra que, para una misma bodega, mientras más se sub-utiliza el volumen de refrigeración, mayor la relevancia de las pérdidas térmicas y mayor el consumo global. Esto también es lógico. Mientras más espacio vacío hay, quiere decir que hay más superficie de pérdida en relación al volumen de fruta enfriado.

Lo que resulta interesante es que la energía se puede aumentar entre un hasta en un 250% en función de la sub-utilización. Es decir, este es un factor relevante en el análisis energético.

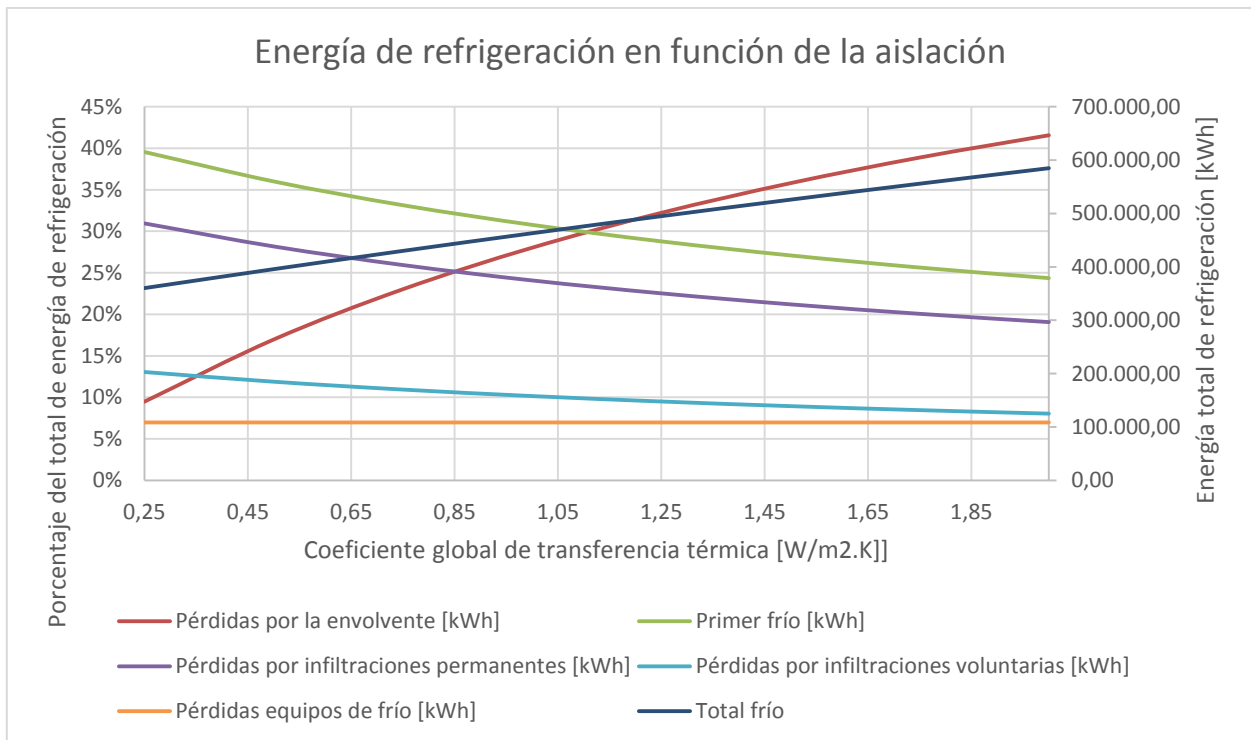


Ilustración 99. Sensibilidad de la demanda de frío frente a la aislación de la cámara

A partir de este gráfico se observa lo siguiente:

- Las pérdidas por la envolvente pueden ser el factor que más aporta al fenómeno de frío para aislaciones pobres (sobre 1,5 [W/m².K]).
- En el consumo global es un factor que para el rango escogido puede duplicar el consumo total.

A pesar de que esta es una variable que se esperaba por ser de peso, es una variable que no se puede introducir en la estadística, salvo por las soluciones estandarizadas. Aun así, sirve para entender y motivar la correcta aislación de las cámaras.

El mismo ejercicio, pero para distintas regiones:

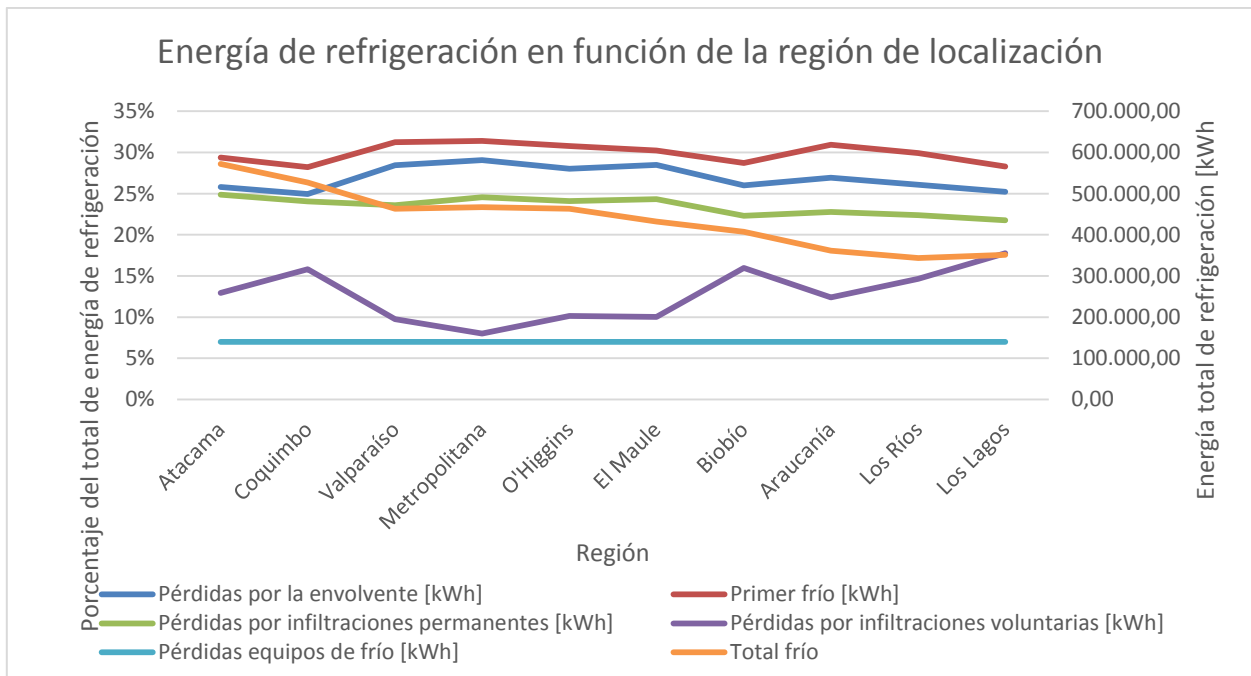


Ilustración 100. Sensibilidad de la demanda de frío frente a la localización de la cámara (Valles de cada región)

A partir de este gráfico se observa lo siguiente:

- El porcentaje de energía asociado a los fenómenos de primer frío y pérdidas por la envolvente tiene una variación poco considerable.
- El porcentaje de energía asociado a las infiltraciones permanentes es constantemente decreciente, porque depende solamente de la temperatura ambiente exterior, mientras que las pérdidas por la envolvente dependen de más variables (radiación, velocidad del viento, etc.).
- Se cree que una de las variables que más incide en las pérdidas por la envolvente es la estacionalidad propia de cada región (los meses que opera la planta), así como la velocidad del viento.
- El total de energía para refrigeración disminuye hasta en un 60% entre el extremo sur y el extremo norte de la muestra.
- Este gráfico no considera la estacionalidad de las frutas plantadas en cada región, lo cual se añade como otra componente que altera el comportamiento de la demanda.

Estas observaciones tienen repercusiones importantes en el modelo a nivel global:

- Si se considera que la variabilidad del % de agua y del calor específico de la fruta es en torno a un 3%, entonces los tipos de fruta tienen muy poca influencia en el consumo de frío (inferior a un 1%).
- El consumo de frío es casi directamente proporcional al volumen de producción y dado que la gran mayoría de la energía está asociado a las pérdidas térmicas, el

tipo de las frutas tiene un impacto muy bajo en el resultado final (sólo es considerable cuando las plantas procesan sólo un tipo específico de fruta. i.e. para alguien que procesa sólo cítricos, entonces su temperatura de consigna es superior y por ende consume menos energía).

- Esto no quiere decir que los tipos de fruta no tengan importancia en el modelo, pero indica que se puede simplificar la estadística de la estacionalidad a grupos más homogéneos, sin perder representatividad. Es decir, si se elimina el factor “tipo de fruta” del fenómeno de la estacionalidad para consumos de frío, se puede simplificar una bodega a “uso invierno”, “uso verano”, de forma casi independiente de los tipos de fruta que se procesen.
- Que el tipo de fruta no sea un factor decisivo en la demanda de frío, también simplifica las bodegas tipo por cada región. Bajo esta premisa, el único factor que aporta la región son las condiciones de clima.

El mayor beneficio de esta forma de plantear el modelo es la alta representatividad que se puede conseguir con las bodegas tipo, debido a que la cantidad de variables se reduce básicamente a la cantidad de fruta que se procesa (independiente del tipo), y a la distribución de este volumen durante el año.

A partir de estos dos factores, el perfil de demanda térmica de frío queda fuertemente determinado.

7.3.2.3. *Electromecánicos, iluminación y otros consumos eléctricos*

Para modelar los procesos electromecánicos se utilizó como base la clasificación de la complejidad de las líneas de operación en función de los tipos de fruta, descrita en el capítulo 5.1.

Para cada línea, se consideraron valores bibliográficos, que incorporan el consumo energético de la parte de empaquetamiento.

En los estudios de referencia, los consumos más relevantes de la parte electromecánica están asociados a la calibración de las frutas (7-14% del consumo eléctrico) e iluminación (4-6% del consumo eléctrico).

En estos valores está incluido el consumo eléctrico asociado a las máquinas, la iluminación, las oficinas y todos los consumos térmicos. Dicho de otra forma, es el consumo energético sin considerar el uso de frío.

Para los modelos, a estos valores se les restó el consumo térmico estimado en los siguientes dos capítulos, para que sólo representara consumos eléctricos. Como resumen se obtuvo la siguiente tabla:

Tabla 46. Consumos específicos de consumos electromecánicos según complejidad. Fuente: Elaboración propia

| | Total [kWh/kg] de fruta | Consumos específicos [kWh/kg] | |
|---------------------------|----------------------------|-------------------------------|-------------|
| Complejidad de las líneas | Electricidad + combustible | Electricidad | Combustible |
| baja | 0,015 | 0,0136 | 0,00140 |
| media | 0,028 | 0,0266 | 0,00140 |
| alta | 0,04 | 0,0233 | 0,0167 |

7.3.2.4. Calentamiento de agua y secado

El calentamiento de agua y el secado son los principales usos del GLP a parte de las grúas de horquilla, que no se consideran en el marco del presente estudio.

El análisis de distintos estudios ha permitido visualizar que los packing que usan calor para limpieza y secado, especialmente los de manzanas, tienen unos consumos específicos de GLP alrededor de los 14kWh/Tn, en lo que se incluyen todos los consumos.

Estos consumos se dividen en realidad en:

- ACS para el lavado de manos del personal
- Agua caliente para limpieza en general
- Agua caliente de proceso para limpieza de fruta
- Aire caliente para secado

No se han encontrado referencias bibliográficas que permitan identificar el peso relativo de cada uno de estos usos, por lo que se ha procedido a aproximarlos mediante asunciones de carácter físico, asumiendo de partida lo siguiente:

- Dado que los niveles térmicos de uso del agua son muy similares en todos los usos 45°-55° esta diferenciación de usos tiene una importancia relativa y un bajo impacto en el análisis de medidas de mejora
- La tecnología estándar para el secado es el uso de quemadores de gas, lo que sí que hace la diferencia con el uso de agua en este punto, pero la posibilidad de integrar ERNC térmicas de baja temperatura en sistemas de este tipo es nula, por lo que sólo mediante el paso de este consumo a agua (como los anteriores) se puede lograr dicha integración.
- Por todo ello, el análisis de mejoras con integración de ERNC visualizará el conjunto de la demanda térmica, lo que hace que la separación de estos consumos sea un mero ejercicio con un bajo impacto en los resultados del estudio.

Se plantea tres niveles de uso de calor en función del tipo de packing:

- Mínimo: Solo ACS
- Medio: ACS y limpieza de equipos
- Alto: ACS, limpieza de equipos, agua de proceso y secado (agua y ceras)

Se ha aproximado el consumo de ACS por persona a 10kWh por persona y mes, con las siguientes hipótesis:

Tabla 47. Estimación de consumo de GLP para ACS por persona

| parámetro | valor | unidad |
|-------------|-------|---------------------------|
| caudal | 0,2 | <i>l/s</i> |
| tiempo | 90 | <i>s</i> |
| consumo | 18 | <i>l/uso</i> |
| usos | 2 | <i>usos/persona y día</i> |
| días | 6 | <i>por semana</i> |
| semanas | 4,5 | <i>por mes</i> |
| consumo | 972 | <i>kg/mes</i> |
| | | |
| energía | 0,035 | <i>kWh/kg</i> |
| rendimiento | 0,85 | |
| consumo GLP | 40 | <i>kWh/mes</i> |

Relacionando este consumo con el número de trabajadores de los distintos casos de los que disponemos de datos⁶², podemos decir que este consumo por persona y mes, repercute aproximadamente en 2,5kWh/Tn procesada.

Este valor corresponde pues al nivel mínimo de consumo de calor.

No se disponen de datos o hipótesis algunas para la aproximación del consumo por limpieza de equipos, por lo que se ha supuesto que este consumo es igual al anterior, 2,5kWh/Tn

El nivel medio de consumo de calor se estima pues en 5kWh/Tn.

Para el caso del consumo alto, se ha optado por aproximarle a 14kWh/Tn, según los datos disponibles de Packing de este tipo, se debe disociar este calor entre los cuatro consumos identificados. Partiendo de los 5kWh/Tn del nivel medio, un 35% del total, queda un 65% distribuido entre agua caliente para limpieza de fruta y secado. En este caso no se dispone tampoco de datos que permitan disociar estos consumos. A falta de

⁶² DOSAL: 0,001 personas/Tn/mes

conocer potencias y perfiles de uso de túneles de secado que permitan mejorar esta aproximación se ha procedido como sigue:

- Cada litro de agua calentado 40K requiere 167,2kJ
- Suponiendo que el 1% de esa agua llega con la fruta al secado, su evaporación requiere 22,6kJ
- Sin datos sobre el secado de las ceras, suponemos que este proceso requiere una cantidad de energía similar al anterior, igual referenciado al kg de agua
- Según lo cual el 79% del calor para agua de proceso y secado sería para el agua y el 21% para el secado.

Así las cosas, para la totalidad del calor en el caso de consumo alto tendríamos:

Tabla 48. Consumo específico GLP por uso

| Uso | Unidades | Valor |
|---|---------------|--------------|
| ACS para el lavado de manos del personal | <i>kWh/Tn</i> | 2,5 |
| Agua caliente para limpieza en general | <i>kWh/Tn</i> | 2,5 |
| Agua caliente de proceso para limpieza de fruta | <i>kWh/Tn</i> | 7,11 |
| Aire caliente para secado | <i>kWh/Tn</i> | 1,89 |
| | | |
| TOTAL | <i>kWh/Tn</i> | 14,00 |

A nivel de distribución de este consumo de GLP, se considera en cada mes proporcional a la producción, y distribuido hora a hora según el perfil de funcionamiento del packing,

Debido a los consumos térmicos se hayan principalmente presente en las líneas de empaquetado de alta complejidad, y que este nivel de complejidad depende a su vez de los tipos de fruta empaquetada, entonces este se convierte en el factor más relevante de en el uso de calor, en conjunto con el volumen de producción de este tipo de frutas y de los parámetros asociados al proceso, como la eficiencia de las calderas.

7.3.3. Calibración de los modelos

La calibración de los modelos se hizo principalmente para que los resultados del modelo fueran lo más similares posibles al caso de estudio de la agrícola Puente Negro, puesto que esta es la auditoría que cuenta con más información.

Esta auditoría cuenta con la recopilación de las facturaciones, mediciones de potencia en los equipos más relevantes, análisis de producción por estación, dimensiones de los sistemas y de las cámaras de refrigeración, entre otra información. De todas las fuentes consultadas, es el estudio con mayor nivel de detalle.

El volumen de los detalles, así como los gráficos y las explicaciones de los perfiles energéticos tienen un sentido coherente y se ha considerado como válido. A pesar de

esto, se realizó una comparación con otras fuentes de información, como se comenta en XX.

Sin embargo, los resultados finales se constataron con los perfiles y consumos específicos de otras fuentes, para verificar la coherencia de los datos, y los órdenes de magnitud.

Lo primero que se hizo fue traspasar los datos de entrada del caso de estudio, los cuales se presentan a continuación:

Producción total

Tabla 49 Volúmenes de producción para ejercicio de calibración

| Fruta | Vol. de producción en base a región % | Vol. de producción ingresado manualmente % | Vol. de producción corregido con factor de tamaño[kg] |
|-----------------|---------------------------------------|--|---|
| Vid de mesa (B) | 19,28% | 2,00% | 105.940 |
| Manzano (A) | 14,42% | 69,00% | 3.654.930 |
| Cerezo (B) | 13,53% | 6,00% | 317.820 |
| Peral (A) | 7,54% | 23,00% | 1.218.310 |

La tabla anterior corresponde a una comparación de la estadística de la región (columna 2) con la referencia de Puente Negro (columna 3) y finalmente el volumen de producción por cada tipo de fruta según Puente Negro, que corresponde a los volúmenes de producción utilizados para calibrar el modelo.

Estacionalidad

Tabla 50 Estacionalidad de la producción para ejercicio de calibración

| Fruta | E | F | M | A | M | J | J | A | S | O | N | D |
|-----------------|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Vid de mesa (B) | | | | | X | | | | | | | |
| Manzano (A) | | X | X | X | X | | | | | | | |
| Cerezo (B) | | | | | | | | | | | | X |
| Peral (A) | | X | X | | | | | | | | | |

La tabla anterior muestra la estacionalidad de producción utilizada en la calibración del modelo, disponible en la memoria de Puente Negro.

Información adicional

Tabla 51 Otra información utilizada en ejercicio de calibración

| Variable | Valor |
|-------------------------------------|--|
| Capacidad de refrigeración | 7.000 bins de 380 kgs |
| Localización | Comuna de San Fernando, VI región |
| Volumen aproximado de refrigeración | 7.896 m ³ |
| Velocidad de producción | 7 ton/hr para manzanas y 6 ton/hr para peras |
| N° de batches de primer frío | 1,5 |

En la tabla anterior, se muestran las variables utilizadas en la simulación para la calibración, extraídas de la memoria de Puente Negro.

Y como resultados del diagnóstico, se utilizaron los siguientes outputs:

Demanda de energías

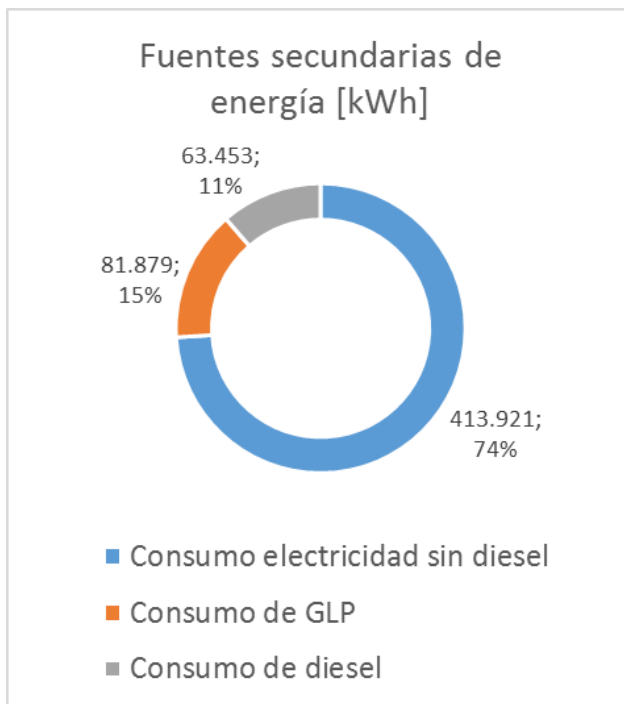


Ilustración 101: Matriz de consumos energéticos por fuentes secundarias⁶³

⁶³ Esta figura no coincide con la Tabla 49 debido a que no contempla la corrección del consumo de diésel por concepto de uso vehicular (transporte y máquinas agrícolas).

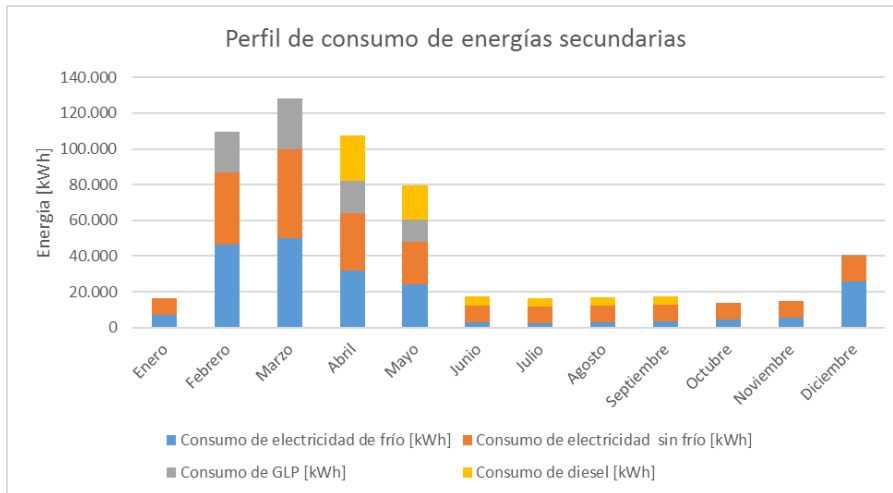


Ilustración 102: Matriz de consumos energéticos por fuentes, en perfil mensual para un año

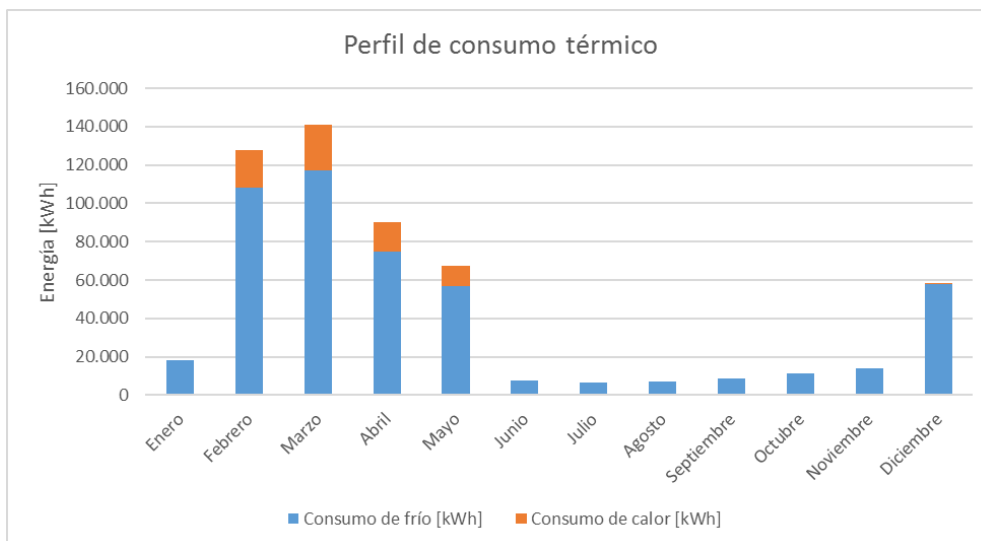


Ilustración 103: Matriz de consumos energéticos térmicos (de calor y frío)

Tabla 52 Comparación Sistemas de frío modelo vs referencia

| | |
|--|---------|
| Consumo de frío estimado de referencia [kWh] | 195.054 |
| Consumo de frío modelo [kWh] | 195.055 |

Para calibrar se modificaron los siguientes parámetros de los modelos cuyos valores finales pueden ser apreciados en la Tabla 42:

- Coeficiente global de transferencia térmica
- Consumo específico de GLP LBC (Líneas de baja complejidad)
- Consumo específico de GLP LMC (Líneas de media complejidad)
- Consumo específico de GLP LAC (Líneas de alta complejidad)

- Consumo específico de electricidad (sin frío) LBC
- Consumo específico de electricidad (sin frío) LMC
- Consumo específico de electricidad (sin frío) LAC
- % de consumo eléctrico en producción
- % de pérdidas térmicas en producción
- Eficiencia de calderas
- Eficiencia del grupo electrógeno
- Eficiencia del ciclo de refrigeración

En general el parámetro que más distancia tenía de las referencias era el de consumos específicos de electricidad para las líneas de alta complejidad, sin embargo, este todavía se encuentra dentro de los rangos establecidos por [5] que incluye 6 auditorías para este tipo de packigns.

El coeficiente global de transferencia térmica resultó un tanto elevado para las referencias (un 50% más alto), sin embargo, se considera que en general las referencias no indican la influencia de puentes térmicos lo cual podría justificar perfectamente esta variación. Esta variación también puede estar relacionada con las pérdidas por suelo.

Los % de consumo y pérdidas en producción se refieren a la fracción de consumo en relación al total anual, que ocurre durante la época de empaquetado. Este factor se introdujo porque el modelo no contemplaba inicialmente que podía haber un almacenamiento residual y un consumo de oficinas y otros operativos que se mantienen activos durante el año.

Si bien no aparece desglosado en este análisis, el consumo diésel de la planta está asociado a la generación eléctrica, pero también está asociada al transporte del campo (tractores y camiones de fruta), mientras que en el modelo sólo se estableció el vínculo con la generación eléctrica.

Por este motivo se introdujo un consumo específico en concepto de transporte, que no figura como parte de este estudio puesto que es una actividad del campo, pero se utilizó para realizar la comparación fidedigna de la matriz energética de la auditoría con la del modelo. En otras palabras, la matriz de consumos.

Como referencia del grupo electrógeno se utilizó el estándar de eficiencia para este tipo de tecnología, sin embargo, en el estudio no se separa el uso en transporte del uso en los grupos electrógenos, por lo tanto, se dejó sin modificar. Por lo general, este suele ser un buen supuesto.

Como resultado de la calibración, se obtuvieron los siguientes resultados:

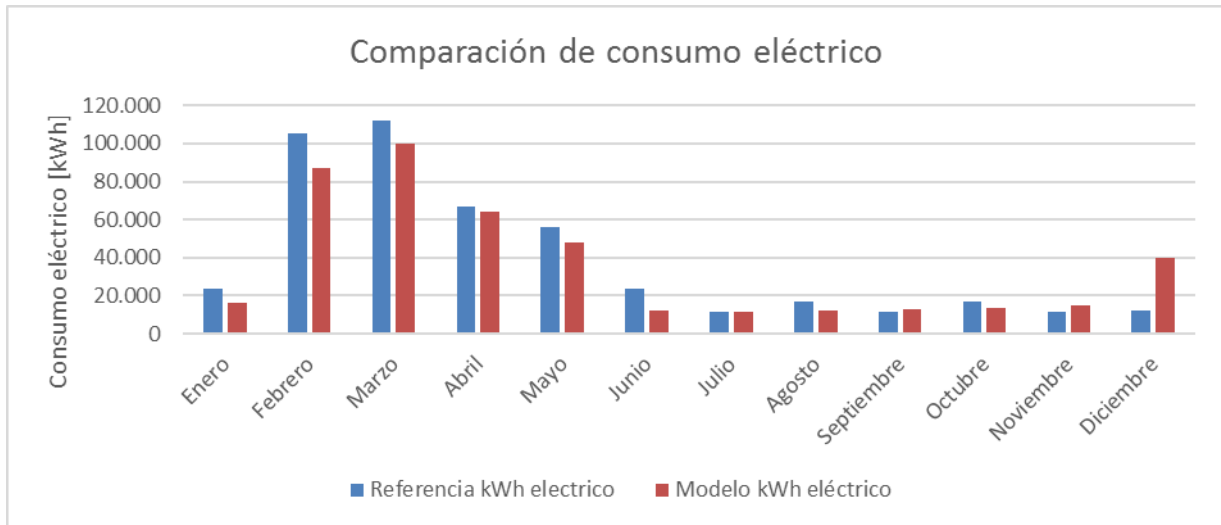


Ilustración 104: Comparación entre perfiles de consumo eléctrico

Tabla 53 Comparación de las matrices energéticas en ejercicio de calibración

| | Energía consumida modelo [kWh] | Energía consumida referencia [kWh] | Distribución modelo | Distribución referencia | Distribución referencia re-calculada |
|------------------------------|--------------------------------|------------------------------------|---------------------|-------------------------|--------------------------------------|
| Consumo electricidad | 464.211 | 468.530 | 65,9% | 65% | 68% |
| Consumo GLP | 81.879 | 75.028 | 11,6% | 11% | 11% |
| Consumo diesel ⁶⁴ | 157.896 | 141.921 | 22,4% | 24% | 21% |

En la tabla anterior, la distribución corresponde al porcentaje de energía proveniente de cada fuente en relación del total.

Los consumos de la energía consumida por la referencia no coinciden con la distribución de consumos informada en la misma fuente. No se conocen los pasos de cálculo por lo tanto resulta difícil saber si se trata de un error o si hay algún otro factor considerado. De todas formas, se considera que la variación es desestimable.

⁶⁴ Contiene la corrección por el concepto de transporte y uso vehicular agrario.

Tabla 54 Comparación de diversos indicadores específicos en ejercicio de calibración

| | Modelo | Bouwer | DOSAL | Puente Negro | Rio Blanco | ACHEE |
|-------------------------------------|---------|---------|-------|--------------|------------|--------|
| Demanda de frío [kWh/kg] | 92,059 | - | - | - | - | - |
| Consumo eléctrico de frío [kWh/ton] | 36,823 | - | - | 40,231 | - | - |
| Electricidad total [kWh/ton] | 83,840 | 20-80 | 16,41 | 79,869 | 5-15 | - |
| GLP [litros/ton] | 2,139 | - | 1,87 | 1,960 | - | - |
| *Diesel [litros/ton] | 2,484 | 0,5-2,5 | 2,49 | 2,670 | - | - |
| Energía total [kWh/ton] | 105,579 | - | - | - | - | 80-517 |

A partir de estos resultados se puede observar lo siguiente:

- En cuanto a la matriz energética el modelo se acopla bastante bien al caso de referencia con una diferencia de un 1% entre el consumo eléctrico y el consumo de GLP.
- En cuanto al perfil de consumo eléctrico mensual para un año, las mayores diferencias se encuentran en los meses de consumo peak (hasta un 21% de diferencia) y la temporada de cerezas (228%).

Esta diferencia se puede deber a que las cerezas se mantuvieron durante muy corto tiempo el ciclo de refrigeración o porque el proceso de frío se externalizó.

- En cuanto a los consumos específicos, en general los rangos no varían demasiado para los estudios analizados, y los resultados del modelo caen dentro de los rangos esperados.

Si bien se puede calibrar el modelo para que sea más similar al caso de referencia, se ha decidido no introducir más variaciones debido a que los parámetros de diseño se alejan de los rangos sugeridos por la literatura, lo que puede hacer que el modelo pierda representatividad.

En general el modelo responde a 62 parámetros (34 si se no se consideran las propiedades físicas de la fruta), y en la calibración se han ajustado 12 de estos valores.

Se considera que, para los objetivos del proyecto, el modelo será suficiente para determinar el impacto de diversas variables en el rendimiento técnico y económico de las distintas energías renovables, sin perder demasiada resolución, con resultados que fluctúan entre los rangos señalados por la literatura.

7.3.4. Análisis de la calibración de los modelos

A partir de las facturaciones y datos entregados por FdF se utilizaron aquellos casos que tuvieran suficiente información como para alimentar el modelo, y se obtuvieron los siguientes resultados:

Tabla 55 Comparación entre demandas informadas por FdF y demandas modeladas con los parámetros de producción y estacionalidad de FdF.

| Volumen de producción [kg] | Demanda medida [kWh] | Demanda modelada [kWh] | Cociente |
|----------------------------|----------------------|------------------------|----------|
| 550 | 177.621 | 31.427 | 18% |
| 3.400 | 240.600 | 588.149 | 244% |
| 5.000 | 727.000 | 293.632 | 40% |
| 5.425 | 499.680 | 415.676 | 83% |
| 8.923 | 1.524.000 | 638.993 | 42% |
| 10.400 | 553.350 | 797.945 | 144% |
| 13.254 | 1.534.200 | 1.007.798 | 66% |
| 14.760 | 1.144.000 | 953.025 | 83% |
| 15.000 | 4.354.295 | 1.926.784 | 44% |
| 15.465 | 1.519.607 | 1.252.995 | 82% |
| 16.760 | 460.788 | 1.076.306 | 234% |
| 19.440 | 3.050.000 | 1.751.454 | 57% |
| 19.540 | 3.274.368 | 1.752.768 | 54% |
| 19.823 | 3.505.255 | 3.150.624 | 90% |
| 20.000 | 4.277.100 | 4.371.767 | 102% |
| 22.000 | 3.146.000 | 1.402.501 | 45% |
| 22.024 | 2.008.100 | 1.677.838 | 84% |
| 23.898 | 2.797.200 | 2.158.106 | 77% |
| 31.450 | 5.019.000 | 2.461.540 | 49% |
| 31.500 | 2.032.489 | 2.911.549 | 143% |
| 31.500 | 1.699.970 | 2.367.427 | 139% |
| 31.714 | 3.426.720 | 2.717.701 | 79% |
| 34.200 | 3.824.144 | 2.512.682 | 66% |
| 34.605 | 8.965.733 | 2.873.949 | 32% |
| 35.484 | 3.967.173 | 3.123.665 | 79% |
| 37.000 | 2.567.475 | 3.258.421 | 127% |
| 42.000 | 4.506.995 | 3.173.941 | 70% |
| 54.618 | 7.631.031 | 6.790.525 | 89% |
| 87.845 | 11.550.481 | 7.153.494 | 62% |

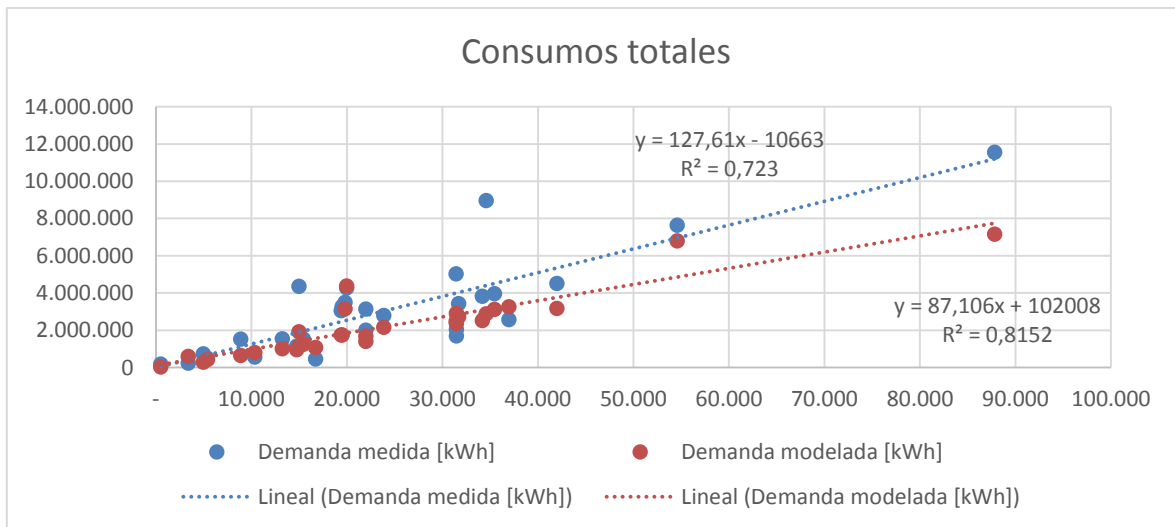


Ilustración 105 Curva de consumos eléctricos totales real vs modelo

Luego de filtrar los casos cuya diferencia era más extrema, lo cual creemos se debe a una inconsistencia de los datos o a consideraciones que no tiene sentido abordar en el modelo (por ser estadísticamente menospreciables).

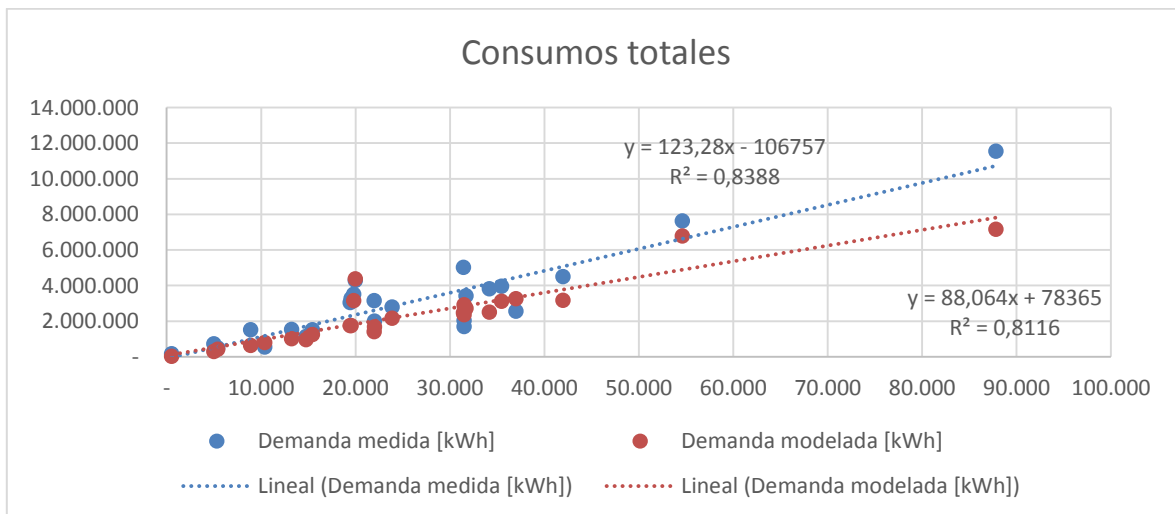


Ilustración 106 Curva de consumos eléctricos totales real vs modelo filtrado

Esta segunda curva muestra que los datos modelados están desviados en promedio un 21% por debajo de lo informado por la industria.

Además, se realizó un análisis de la estacionalidad de la producción, que se ve reflejado en los siguientes gráficos:

Tabla 56 Comparación entre perfiles de demanda eléctrica informados por FdF y perfiles de demanda eléctrica modelados.

| E | F | M | A | M | J | J | A | S | O | N | D | E | F | M | A | M | J | J | A | S | O | N | D |
|---------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|-----------|-----------|---------|---------|---------|---------|-----------|
| 120.000 | 96.480 | 108.240 | 52.080 | 15.360 | 6.480 | 9.360 | 7.440 | 6.960 | 8.400 | 9.360 | 59.520 | 94.342 | 92.105 | 70.896 | 11.687 | 11.316 | 10.558 | 10.175 | 10.688 | 10.958 | 11.630 | 12.035 | 69.287 |
| 143.150 | 148.400 | 58.800 | 6.300 | 7.700 | 7.350 | 7.350 | 7.350 | 7.350 | 7.000 | 21.350 | 131.250 | 171.697 | 144.458 | 98.548 | 22.654 | 22.018 | 20.721 | 20.051 | 20.918 | 21.373 | 22.520 | 92.645 | 140.344 |
| 232.800 | 349.800 | 271.800 | 115.200 | 75.000 | 64.800 | 46.800 | 53.400 | 51.000 | 57.600 | 64.800 | 151.200 | 171.910 | 196.624 | 162.715 | 96.476 | 56.761 | 31.690 | 30.746 | 31.117 | 31.554 | 32.634 | 61.172 | 104.400 |
| 432.815 | 435.006 | 469.710 | 400.444 | 316.301 | 217.790 | 316.285 | 333.050 | 255.570 | 195.738 | 108.143 | 343.292 | 432.178 | 496.847 | 409.212 | 239.543 | 137.534 | 78.400 | 76.235 | 77.059 | 78.017 | 80.398 | 148.198 | 259.061 |
| 188.000 | 135.000 | 286.000 | 319.000 | 264.000 | 22.000 | 20.000 | 30.000 | 50.000 | 160.000 | 210.000 | 195.000 | 88.142 | 99.415 | 83.275 | 48.453 | 25.081 | 15.576 | 14.816 | 14.994 | 15.679 | 17.373 | 31.388 | 53.620 |
| 164.000 | 278.000 | 290.000 | 200.000 | 132.000 | 96.000 | 66.000 | 30.000 | 46.000 | 50.000 | 50.000 | 122.000 | 111.094 | 125.605 | 105.055 | 60.907 | 31.302 | 19.632 | 18.700 | 18.911 | 19.738 | 21.800 | 39.032 | 67.218 |
| 7.200 | 61.200 | 76.200 | 52.800 | 19.800 | 8.400 | 2.400 | 1.800 | 2.400 | 2.400 | 2.400 | 3.600 | 107.870 | 135.103 | 131.824 | 90.802 | 15.388 | 14.035 | 13.103 | 13.314 | 14.140 | 16.203 | 17.573 | 18.793 |
| 154.000 | 586.000 | 708.000 | 604.000 | 426.000 | 282.000 | 168.000 | 62.000 | 50.000 | 36.000 | 30.000 | 40.000 | 189.344 | 267.005 | 302.683 | 233.947 | 138.314 | 36.198 | 34.182 | 34.582 | 36.264 | 40.611 | 43.431 | 45.939 |
| 78.700 | 252.700 | 323.600 | 333.400 | 253.500 | 174.800 | 167.000 | 115.000 | 32.600 | 33.600 | 32.400 | 44.600 | 150.129 | 210.759 | 238.674 | 184.485 | 109.304 | 28.674 | 27.042 | 27.378 | 28.762 | 32.307 | 34.622 | 36.682 |
| 238.000 | 266.000 | 234.000 | 82.000 | 18.000 | 10.000 | 12.000 | 42.000 | 46.000 | 18.000 | 18.000 | 100.000 | 76.665 | 106.053 | 119.684 | 92.530 | 55.213 | 14.599 | 13.709 | 13.912 | 14.704 | 16.677 | 17.990 | 19.159 |
| 26.000 | 140.000 | 136.000 | 84.000 | 30.000 | 10.000 | 2.000 | 6.000 | 6.000 | 6.788 | 2.000 | 12.000 | 197.285 | 249.034 | 242.973 | 166.938 | 27.694 | 25.421 | 23.828 | 24.157 | 25.511 | 28.975 | 31.238 | 33.252 |
| 54.000 | 262.000 | 268.000 | 210.000 | 136.000 | 88.000 | 54.000 | 30.000 | 10.000 | 10.000 | 10.000 | 12.000 | 99.114 | 145.082 | 188.691 | 169.975 | 112.875 | 58.093 | 26.256 | 26.557 | 27.781 | 30.898 | 32.943 | 34.762 |
| 237.900 | 279.600 | 345.600 | 381.900 | 305.700 | 261.000 | 263.700 | 229.800 | 169.800 | 55.500 | 85.500 | 181.200 | 103.157 | 130.732 | 219.119 | 321.548 | 366.586 | 290.688 | 156.699 | 72.851 | 47.584 | 146.838 | 149.888 | 152.414 |
| 312.702 | 620.388 | 763.218 | 584.306 | 442.520 | 299.433 | 180.959 | 98.651 | 38.718 | 19.157 | 181.177 | 425.944 | 248.059 | 407.097 | 555.368 | 515.484 | 337.111 | 161.680 | 66.405 | 48.518 | 270.500 | 275.991 | 97.785 | 139.667 |
| 441.787 | 705.327 | 821.267 | 509.711 | 352.470 | 260.011 | 241.943 | 174.184 | 120.153 | 172.138 | 216.517 | 261.592 | 266.485 | 435.442 | 676.953 | 750.188 | 588.904 | 324.671 | 133.963 | 76.853 | 73.320 | 748.612 | 128.972 | 167.403 |
| 342.372 | 381.600 | 304.800 | 321.900 | 327.729 | 151.105 | 91.038 | 122.351 | 91.986 | 88.247 | 93.770 | 250.577 | 341.793 | 525.367 | 611.406 | 473.546 | 262.822 | 116.239 | 52.418 | 191.229 | 193.510 | 199.199 | 110.496 | 180.397 |
| 265.000 | 550.000 | 580.000 | 470.000 | 260.000 | 250.000 | 200.000 | 180.000 | 180.000 | 45.000 | 40.000 | 30.000 | 184.971 | 281.543 | 326.926 | 253.235 | 141.254 | 63.306 | 29.294 | 101.295 | 102.650 | 105.958 | 61.796 | 99.228 |
| 74.869 | 72.598 | 38.639 | 23.012 | 12.431 | 2.611 | 3.113 | 3.247 | 3.707 | 4.108 | 33.367 | 45.388 | 41.578 | 61.089 | 70.329 | 54.464 | 30.936 | 14.524 | 7.294 | 21.453 | 21.848 | 22.765 | 15.455 | 23.556 |
| 139.656 | 434.417 | 479.885 | 468.705 | 320.161 | 267.109 | 296.710 | 202.213 | 145.680 | 63.744 | 252.664 | 434.311 | 194.161 | 314.372 | 486.669 | 538.165 | 422.486 | 233.442 | 97.043 | 56.448 | 54.228 | 535.482 | 95.123 | 123.004 |
| 50.512 | 520.549 | 640.309 | 434.043 | 319.982 | 255.638 | 158.722 | 62.794 | 30.381 | 44.465 | 180.427 | 576.546 | 110.422 | 175.530 | 269.385 | 296.572 | 232.849 | 129.255 | 54.556 | 32.614 | 31.750 | 293.317 | 55.399 | 71.119 |
| 485.416 | 1.188.172 | 1.442.871 | 943.318 | 759.118 | 619.220 | 319.924 | 194.383 | 173.350 | 250.612 | 458.957 | 795.690 | 331.276 | 320.562 | 373.706 | 509.743 | 864.892 | 1.215.955 | 1.166.572 | 798.343 | 416.086 | 265.404 | 248.947 | 279.037 |
| 210.598 | 1.406.155 | 1.763.224 | 1.177.076 | 1.143.836 | 1.098.631 | 1.023.956 | 963.917 | 956.000 | 881.362 | 567.236 | 358.490 | 298.816 | 305.293 | 408.276 | 624.241 | 971.993 | 1.141.498 | 894.937 | 515.035 | 255.554 | 198.374 | 214.803 | 1.324.675 |
| 318.996 | 416.920 | 570.583 | 516.770 | 439.501 | 402.290 | 410.660 | 389.079 | 273.284 | 305.091 | 140.430 | 323.391 | 150.457 | 145.455 | 170.846 | 237.089 | 406.805 | 574.087 | 552.517 | 377.342 | 195.527 | 122.643 | 113.930 | 127.244 |
| 51.900 | 379.799 | 342.600 | 80.400 | 302.100 | 268.800 | 212.400 | 167.500 | 137.280 | 33.014 | 7.754 | 48.942 | 145.465 | 219.737 | 372.197 | 487.167 | 463.614 | 304.585 | 139.050 | 67.057 | 51.673 | 277.138 | 281.110 | 102.756 |
| 150.000 | 135.000 | 73.000 | 45.000 | 65.000 | 18.000 | 13.000 | 13.000 | 7.000 | 8.000 | 65.000 | 135.000 | - | 14.266 | 25.221 | 30.819 | 41.885 | 49.447 | 38.361 | 23.796 | 15.106 | 12.530 | 13.347 | 14.081 |
| 44.160 | 415.680 | 591.840 | 521.760 | 402.720 | 316.320 | 330.720 | 249.120 | 120.480 | 87.360 | 71.040 | 275.520 | 134.425 | 211.113 | 314.316 | 415.963 | 456.788 | 378.727 | 210.212 | 110.881 | 112.538 | 119.015 | 124.377 | 129.347 |
| 555.600 | 347.700 | 430.800 | 409.500 | 491.400 | 479.201 | 258.989 | 258.519 | 324.542 | 210.638 | 240.180 | 347.226 | 731.197 | 61.777 | 61.376 | 53.157 | 47.422 | 45.197 | 41.766 | 42.523 | 45.439 | 51.116 | 55.826 | 689.988 |
| 15.900 | 97.900 | 426.000 | 362.670 | 203.400 | 178.920 | 119.280 | 119.700 | 114.900 | 43.200 | 8.900 | 9.200 | 139.408 | 117.260 | 185.023 | 290.657 | 393.966 | 394.924 | 253.593 | 125.544 | 67.277 | 130.053 | 133.347 | 136.375 |
| 208.015 | 876.302 | 1.234.558 | 1.321.236 | 1.198.756 | 802.548 | 756.896 | 701.456 | 689.574 | 592.654 | 325.870 | 257.868 | 530.734 | 121.643 | 129.159 | 139.589 | 224.644 | 375.638 | 432.261 | 356.028 | 216.837 | 129.889 | 105.628 | 111.900 |
| 30.839 | 30.000 | 24.671 | 15.420 | 3.093 | 1.547 | 2.320 | 1.934 | 2.707 | 18.503 | 21.587 | 25.000 | 1.554 | 2.329 | 3.577 | 4.852 | 5.351 | 4.466 | 2.486 | 1.323 | 1.241 | 1.337 | 1.420 | 1.492 |
| 182.700 | 376.250 | 889.350 | 741.300 | 682.850 | 561.400 | 523.600 | 300.300 | 106.400 | 175.000 | 179.200 | 300.650 | 152.665 | 258.963 | 403.434 | 449.522 | 353.022 | 209.474 | 93.155 | 103.137 | 105.142 | 108.538 | 110.757 | 113.732 |
| 160.750 | 291.200 | 403.550 | 316.050 | 292.250 | 261.800 | 178.150 | 23.800 | 12.600 | 13.300 | 32.900 | 21.750 | 64.970 | 92.130 | 162.917 | 247.762 | 285.147 | 238.179 | 129.179 | 113.184 | 62.896 | 43.859 | 117.885 | 119.730 |
| 214.200 | 123.200 | 255.500 | 245.700 | 217.000 | 150.500 | 88.900 | 39.900 | 35.000 | 65.041 | 16.821 | 67.845 | 56.409 | 75.134 | 124.672 | 181.829 | 206.273 | 172.928 | 95.197 | 81.060 | 49.578 | 37.691 | 85.282 | 86.941 |

Lo interesante de esta tabla son los colores que muestran la variación de la estacionalidad, más que los números. En sentido vertical se disponen los distintos packings que informó FdF.

De la primera tabla, se considera que la desviación del modelo con respecto de la información entregada por los productores es suficientemente buena para los objetivos propuestos por el proyecto.

Para obtener los resultados de consumo se introdujo solamente el volumen y la estacionalidad, sin considerar las otras variables, con el objetivo de conocer el grado de desviación del modelo como un todo, con todas sus hipótesis, vale decir, no se incorporó el volumen de cámaras de refrigeración ni la potencia instalada de frío porque el modelo ya sugiere estos valores en base a la producción.

Es probable que el nivel de aislación y las variables meteorológicas locales introduzcan parte de la desviación, así como la tasa de infiltraciones, el consumo no asociado al frío (debido a las máquinas utilizadas), etc.

Por este motivo, en consideración de la cantidad de variables introducidas en el modelo y el número de hipótesis, un 21% de desviación con respecto a la muestra, se considera aceptable.

En cuanto a la estacionalidad, la hipótesis consistía en que la producción y el consumo siguen una curva normal centrada en el mes que estuviera en medio de la producción. Y salvo algunos casos centrales en que esto puede diferir, los colores de la tabla, que muestran la variación en la producción, para la mayoría de los casos

7.4. Consumo de energía de los packing tipo

7.4.1. Definición de los Packing tipo

Los packing tipo son una forma de caracterizar los distintos escenarios energéticos que se pueden encontrar en el sector productivo de acuerdo a las variables más relevantes identificadas.

Para generar los packing tipo, se utilizó la información estadística de los objetivos anteriores, junto con los supuestos hechos en cada modelo.

Los parámetros más relevantes de un packing tipo corresponden a:

- **Localización:** Define las condiciones de contorno, sobre todo la información meteorológica. Para las 10 regiones que presentan algún nivel de producción frutícola para empaquetamiento. Para la información meteorológica se utilizó la información del explorador solar, para un punto definido en los valles (lejos de la costa), dónde es más probable que se lleve a cabo la producción.
- **Tamaño de la producción:** Para calor, frío, electricidad y combustible, el factor que más influye en las demandas. Como escala linealmente, se realizó un solo modelo por localización con los tamaños correspondientes a la moda estadística en base a la información entregada por la ODEPA.
- **Tipos de fruta procesadas:** Influye sobre todo en el consumo de calor, casi todos los demás consumos se mantienen constantes. Los tipos de fruta se extrapolaron en base a las superficies plantadas de cada tipo de fruta considerado en el estudio, para cada localización.
- **Estacionalidad:** Es muy relevante en los procesos térmicos de frío y por ende en el consumo eléctrico. Esta queda determinada por los tipos de fruta y la estacionalidad estadística informada por distintas fuentes (ver capítulo 4).

En base a estas variables, se construyeron 10 packing tipo, uno por cada región.

Estos resultados han de ser evaluados en el marco de los objetivos 4 y 5 del presente estudio, que buscan caracterizar el comportamiento energético de la industria a partir de distintas variables de segmentación.

En los objetivos siguientes (Objetivos 6,7 y 8), el modelo acá generado será utilizado para estudiar el rendimiento técnico y económico de diversas medidas de eficiencia energética. En este desarrollo, se incluirá un análisis más robusto de sensibilidad de dicho comportamiento frente a espacios muestrales más extensos algunas de las variables acá explicitadas, y otras adicionales que se consideren necesarias.

Algunas de estas variables utilizadas se resumen en la siguiente tabla:

Tabla 57 Parámetros de localización y producción para packings tipo por región

| Localizaciones geográficas | Atacama | Coquimbo | Valparaíso | Metropolitana | O'Higgins | El Maule | Biobío | Araucanía | Los Ríos | Los Lagos |
|----------------------------|---------|----------|------------|---------------|-----------|-----------|---------|-----------|----------|-----------|
| Latitud [°] | -27,37 | -30,00 | -32,77 | -33,48 | -34,18 | -35,42 | -36,87 | -38,74 | -39,84 | -41,47 |
| Longitud [°] | -70,33 | -71,03 | -70,63 | -70,71 | -70,75 | -71,64 | -72,39 | -72,59 | -72,78 | -72,94 |
| Altitud [m] | 387 | 249 | 763 | 507 | 512 | 115 | 125 | 116 | 84 | 44 |
| Producción [kg] | 2.745 | 750.705 | 1.019.070 | 1.085.900 | 1.011.870 | 1.232.023 | 360.650 | 411.783 | 596.500 | 570.000 |
| Vid de mesa | 96% | 46% | 28% | 29% | 19% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% |
| Manzano | 0% | 0% | 0% | 1% | 14% | 48% | 17% | 52% | 0% | 0% |
| Palto | 2% | 26% | 48% | 16% | 2% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% |
| Cerezo | 0% | 0% | 1% | 6% | 14% | 17% | 14% | 8% | 1% | 0% |
| Ciruelo | 0% | 0% | 1% | 15% | 17% | 4% | 1% | 0% | 0% | 0% |
| Arándano | 0% | 2% | 1% | 1% | 2% | 9% | 46% | 33% | 82% | 84% |
| Durazno | 0% | 0% | 9% | 6% | 9% | 1% | 0% | 0% | 0% | 0% |
| Kiwi | 0% | 0% | 0% | 2% | 5% | 12% | 7% | 0% | 2% | 0% |
| Peral | 0% | 0% | 0% | 3% | 8% | 6% | 1% | 0% | 0% | 0% |
| Naranja | 0% | 6% | 4% | 7% | 3% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% |
| Limonero | 0% | 6% | 4% | 9% | 1% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% |
| Nectarino | 0% | 0% | 1% | 4% | 6% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% |
| Mandarino | 1% | 14% | 3% | 2% | 1% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% |
| Frambuesa | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 3% | 14% | 7% | 15% | 16% |

7.4.2. Resumen de indicadores energéticos

Para mostrar el comportamiento de los packing a nivel general, se utilizaron los consumos específicos por tipo de fuente secundaria.

Tabla 58 Consumos específicos por región (Electricidad, GLP, Diesel y suma de combustibles)

| | Cons. Esp. Elec [kWh/ton] | Cons. Esp. GLP [kWh/ton] | Cons. Esp. Diesel [kWh/ton] | Cons. Esp. Comb [kWh/ton] |
|---------------|---------------------------|--------------------------|-----------------------------|---------------------------|
| Atacama | 247,8 | 1,4 | 57,7 | 59,1 |
| Coquimbo | 100,6 | 5,4 | 22,9 | 28,3 |
| Valparaíso | 89,9 | 3,1 | 15,4 | 18,5 |
| Metropolitana | 90,9 | 4,3 | 15,5 | 19,9 |
| O'Higgins | 91,8 | 5,5 | 16,0 | 21,6 |
| El Maule | 84,9 | 10,0 | 18,9 | 28,8 |
| Biobío | 87,0 | 4,0 | 18,3 | 22,3 |
| Araucanía | 81,2 | 9,4 | 18,1 | 27,5 |
| Los Ríos | 65,0 | 1,4 | 6,1 | 7,5 |
| Los Lagos | 63,3 | 1,4 | 6,5 | 7,9 |

Para la región de atacama, los consumos son varias veces más elevados por el factor de escala, ya que en esta región las bodegas producen un centésimo que las de otras regiones.

En la electricidad el consumo decae hacia el sur, lo que se condice con el análisis de sensibilidad respecto a la zona geográfica, ya que la radiación y la temperatura aumentan hacia el norte.

Los consumos de GLP dependen principalmente de los tipos de fruta que se procesen (si las líneas son de baja, media o alta complejidad).

Y los consumos de Diesel dependen principalmente de la estacionalidad de las frutas para cada región, con una importante dependencia del consumo de electricidad.

7.4.3. Detalle de consumo por Packing tipo

A continuación, se muestran los datos utilizados y resultados obtenidos por región.

7.4.3.1. Packing tipo Atacama

Tabla 59 Estacionalidad de producción Región de Atacama

| Fruta | Vol. procesado [kg] | E | F | M | A | M | J | J | A | S | O | N | D |
|-----------------|---------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|---|---|---|---|---|-----|
| Vid de mesa (B) | 2.745 | 307 | 591 | 737 | 591 | 307 | 106 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 106 |

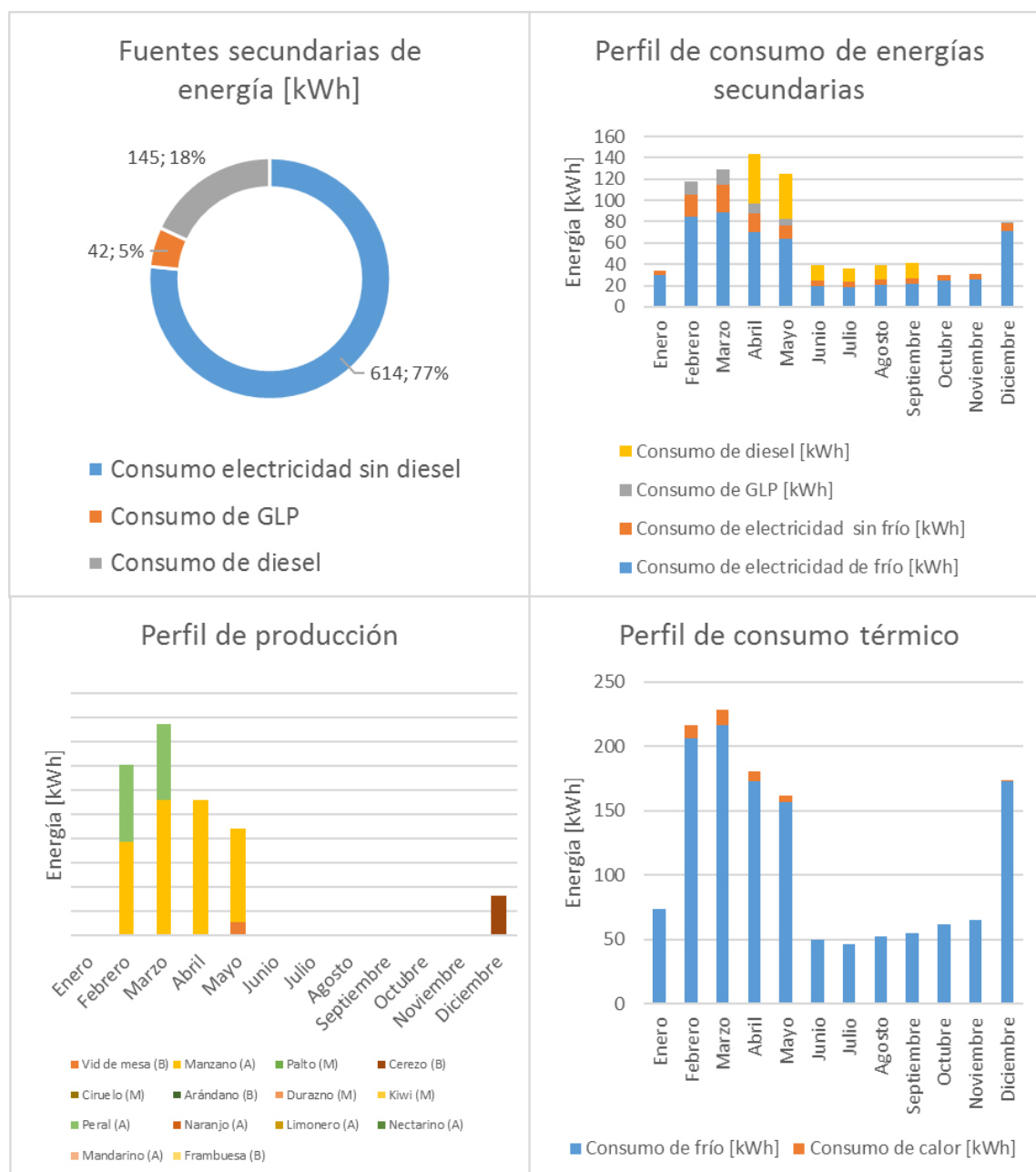


Ilustración 107. Matriz de fuentes secundarias de energía, Perfil anual de consumo de energías secundarias, Perfil de producción y Perfil de consumo térmico. Región de Atacama.



7.4.3.2. Packing tipo Coquimbo

Tabla 60 Estacionalidad de producción Región de Coquimbo

| Fruta | Vol. procesado [kg] | E | F | M | A | M | J | J | A | S | O | N | D |
|-----------------|---------------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| Vid de mesa (B) | 350.592 | 39.207 | 75.537 | 94.117 | 75.537 | 39.207 | 13.493 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 13.493 |
| Manzano (A) | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Palto (M) | 201.956 | 13.560 | 3.697 | 0 | 0 | 0 | 0 | 3.697 | 13.560 | 32.745 | 50.976 | 50.976 | 32.745 |
| Cerezo (B) | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Ciruelo (M) | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Arándano (B) | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Durazno (M) | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Kiwi (M) | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Peral (A) | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Naranja (A) | 42.380 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 5.392 | 9.783 | 12.029 | 9.783 | 5.392 | 0 |
| Limonero (A) | 50.036 | 0 | 0 | 0 | 916 | 3.360 | 8.113 | 12.630 | 12.630 | 8.113 | 3.360 | 916 | 0 |
| Nectarino (A) | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Mandarino (A) | 105.741 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 13.453 | 24.410 | 30.014 | 24.410 | 13.453 | 0 |
| Frambuesa (B) | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | 750.705 | 52.767 | 79.234 | 94.117 | 76.453 | 42.567 | 21.605 | 35.172 | 60.384 | 82.901 | 88.530 | 70.737 | 46.238 |

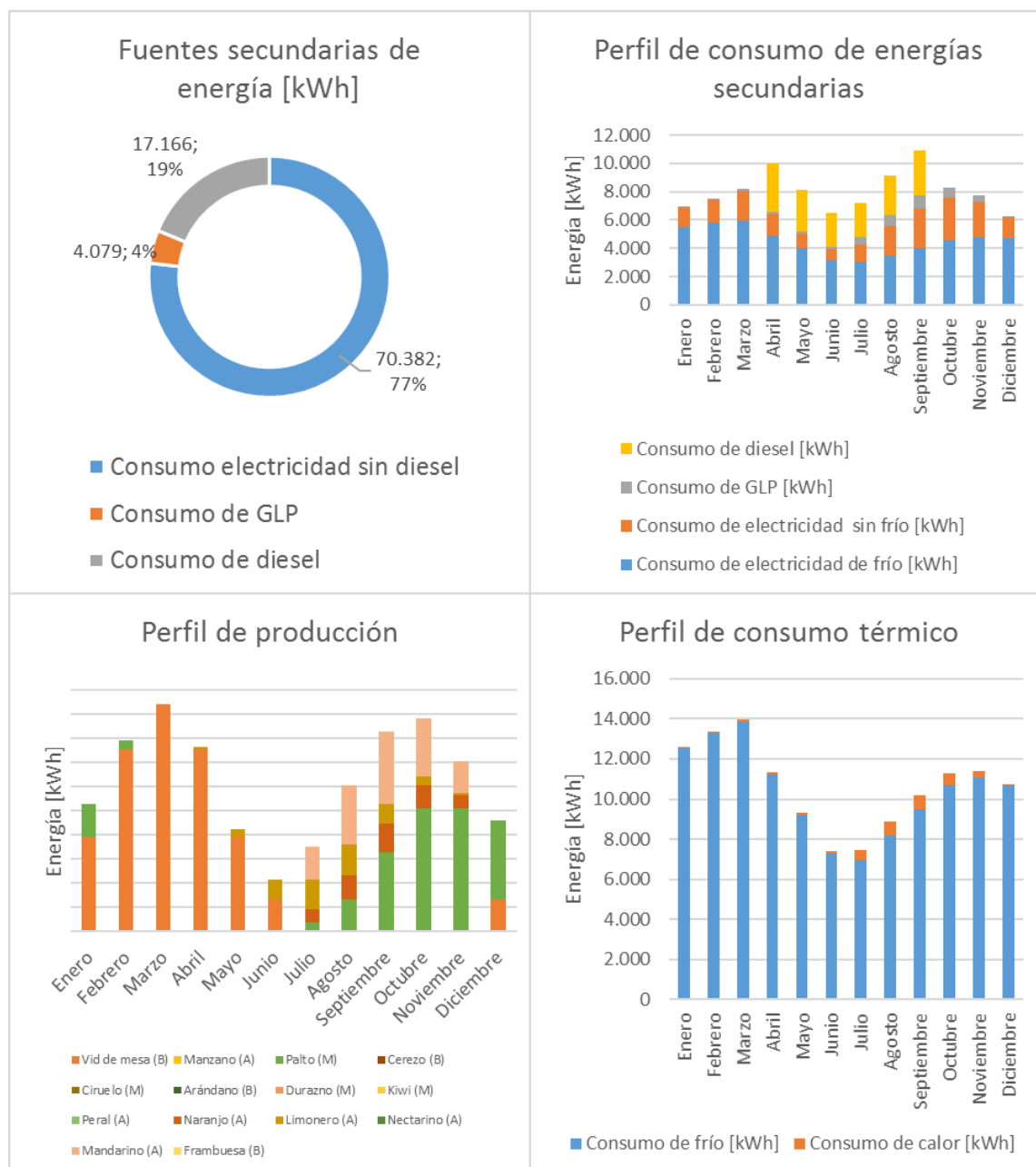


Ilustración 110. Matriz de fuentes secundarias de energía, Perfil anual de consumo de energías secundarias, Perfil de producción y Perfil de consumo térmico. Región de Coquimbo.

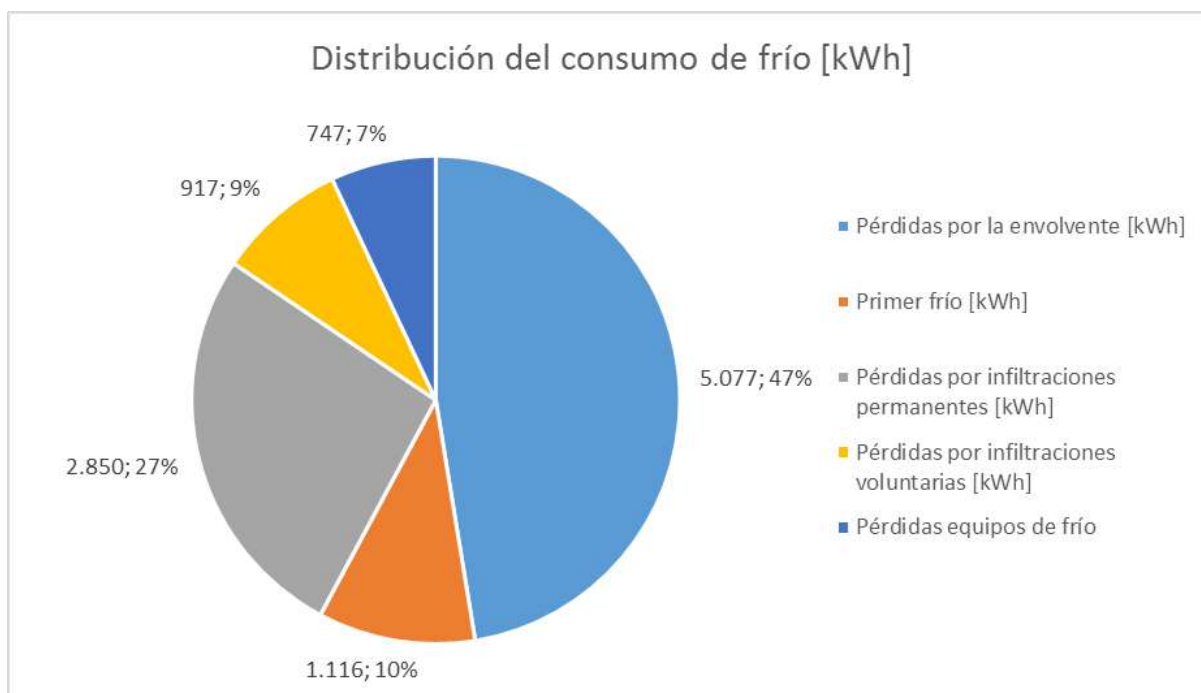


Ilustración 111. Distribución de demanda de energía para procesos de frío, Región de Coquimbo

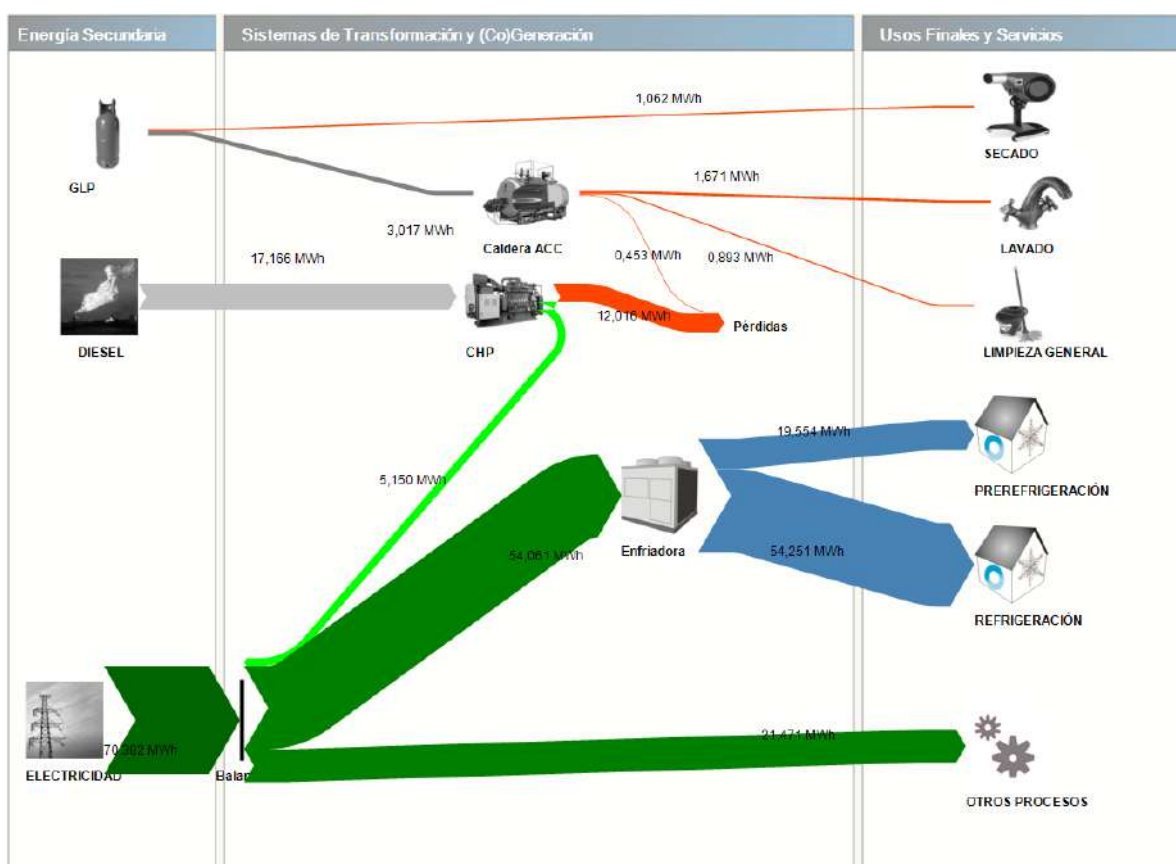


Ilustración 112. Esquema sankey de consumo energético para Región de Coquimbo.

7.4.3.3. Packing tipo Valparaíso

Tabla 61 Estacionalidad de producción Región de Valparaíso

| Fruta | Vol. procesado [kg] | E | F | M | A | M | J | J | A | S | O | N | D |
|-----------------|---------------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|---------|---------|---------|---------|
| Vid de mesa (B) | 298.020 | 33.328 | 64.210 | 80.004 | 64.210 | 33.328 | 11.469 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 11.469 |
| Palto (M) | 514.313 | 34.532 | 9.415 | 0 | 0 | 0 | 0 | 9.415 | 34.532 | 83.390 | 129.819 | 129.819 | 83.390 |
| Durazno (M) | 92.783 | 24.908 | 19.991 | 10.376 | 3.571 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 3.571 | 10.376 | 19.991 |
| Naranja (A) | 43.043 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 5.476 | 9.937 | 12.218 | 9.937 | 5.476 | 0 |
| Limonero (A) | 40.564 | 0 | 0 | 0 | 743 | 2.724 | 6.577 | 10.239 | 10.239 | 6.577 | 2.724 | 743 | 0 |
| Mandarino (A) | 30.347 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 3.861 | 7.006 | 8.614 | 7.006 | 3.861 | 0 |
| Total | 1.019.070 | 92.768 | 93.616 | 90.380 | 68.524 | 36.052 | 18.046 | 28.991 | 61.713 | 110.798 | 153.056 | 150.275 | 114.850 |

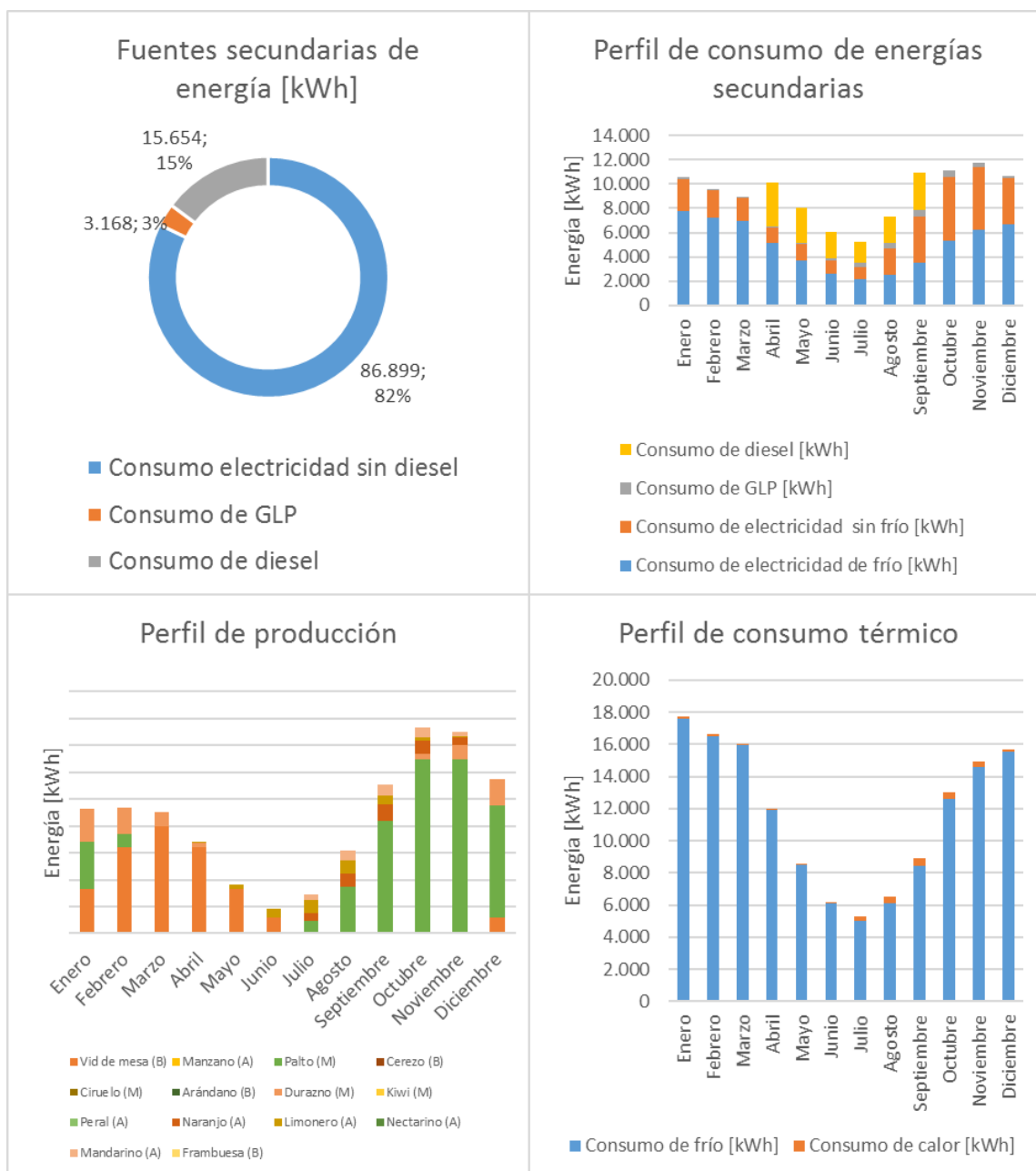


Ilustración 113. Matriz de fuentes secundarias de energía, Perfil anual de consumo de energías secundarias, Perfil de producción y Perfil de consumo térmico. Región de Valparaíso.

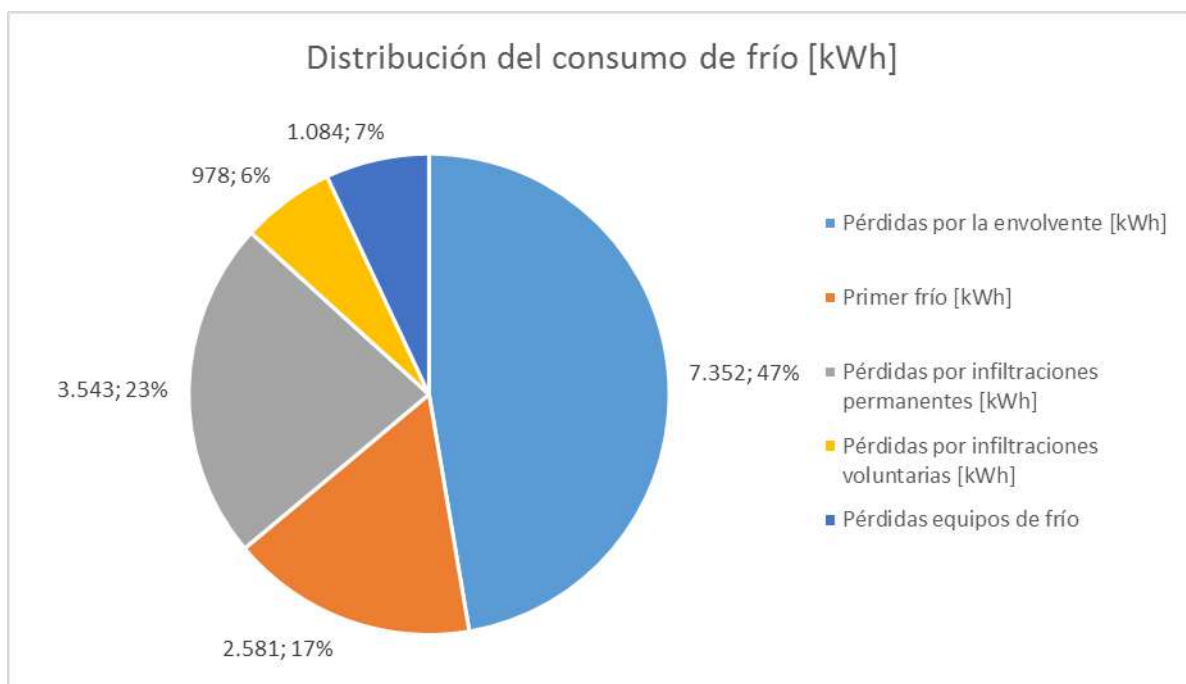


Ilustración 114. Distribución de demanda de energía para procesos de frío, Región de Valparaíso

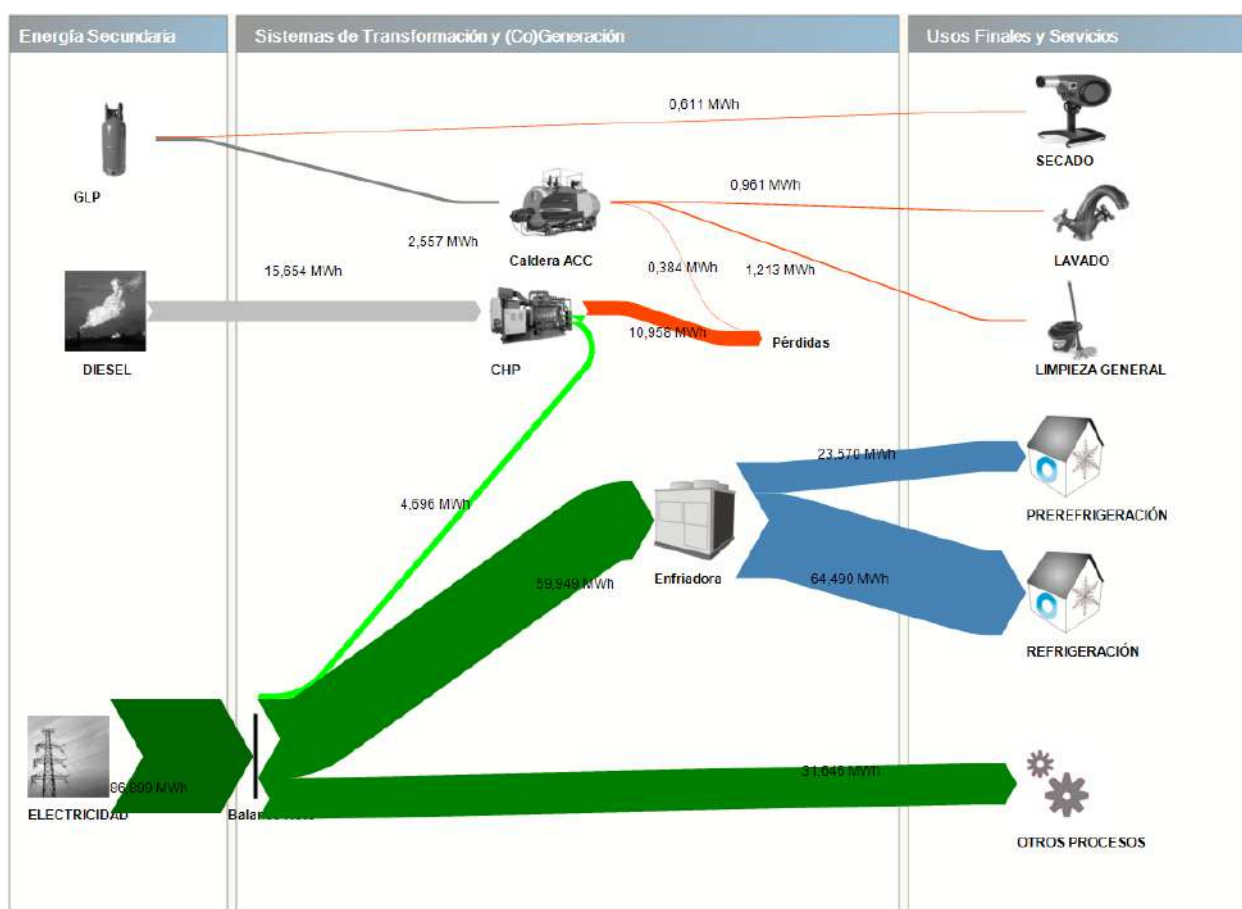


Ilustración 115. Esquema sankey de consumo energético para Región de Valparaíso.

7.4.3.4. Packing tipo Metropolitana

Tabla 62 Estacionalidad de producción Región de Metropolitana

| Fruta | Vol. procesado [kg] | E | F | M | A | M | J | J | A | S | O | N | D |
|-----------------|---------------------|---------|---------|---------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|---------|---------|
| Vid de mesa (B) | 383.777 | 42.918 | 82.687 | 103.026 | 82.687 | 42.918 | 14.770 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 14.770 |
| Palto (M) | 214.174 | 14.380 | 3.921 | 0 | 0 | 0 | 0 | 3.921 | 14.380 | 34.726 | 54.060 | 54.060 | 34.726 |
| Cerezo (B) | 79.379 | 23.428 | 16.262 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 16.262 | 23.428 |
| Ciruelo (M) | 200.127 | 56.806 | 46.200 | 25.461 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 25.461 | 46.200 |
| Naranja (A) | 94.587 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 12.034 | 21.836 | 26.848 | 21.836 | 12.034 | 0 |
| Limonero (A) | 113.856 | 0 | 0 | 0 | 2.084 | 7.645 | 18.460 | 28.739 | 28.739 | 18.460 | 7.645 | 2.084 | 0 |
| Total | 1.085.900,42 | 137.532 | 149.069 | 128.487 | 84.772 | 50.563 | 33.230 | 44.693 | 64.954 | 80.034 | 83.540 | 109.902 | 119.123 |

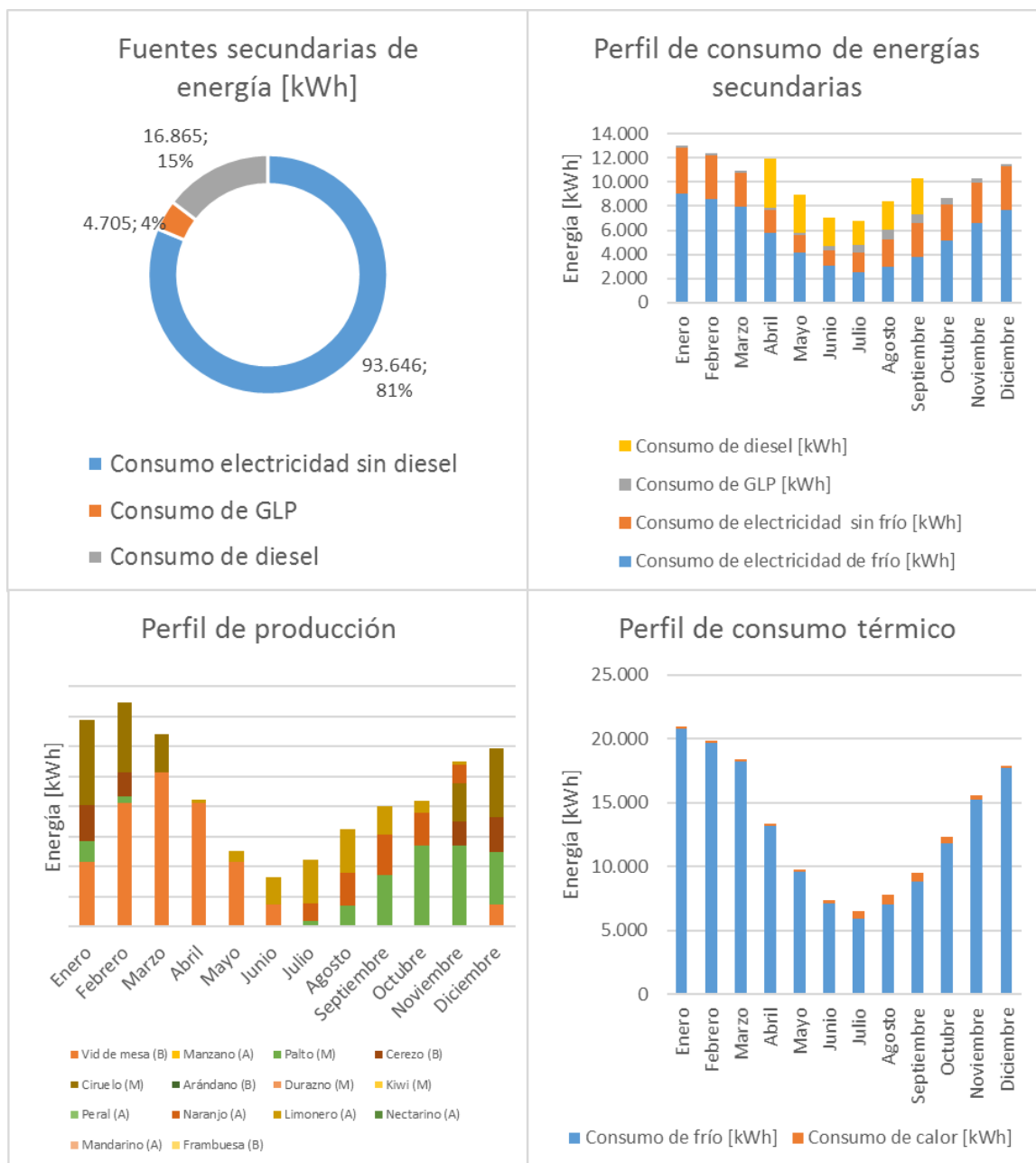


Ilustración 116. Matriz de fuentes secundarias de energía, Perfil anual de consumo de energías secundarias, Perfil de producción y Perfil de consumo térmico. Región Metropolitana.

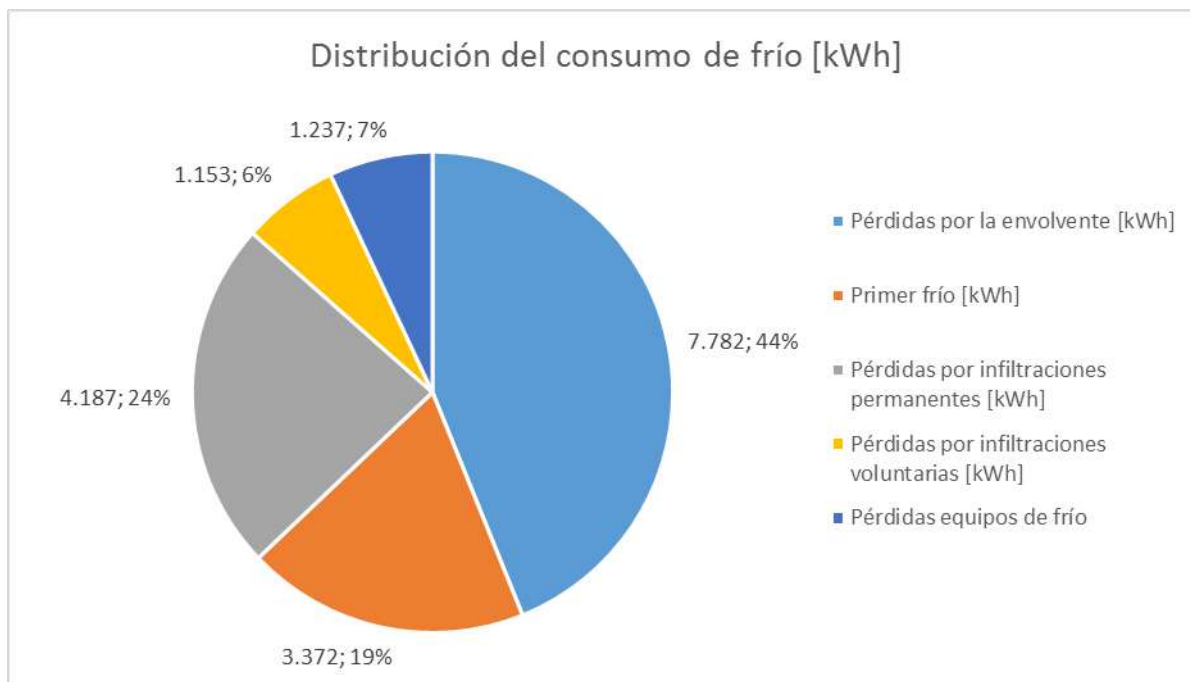


Ilustración 117. Distribución de demanda de energía para procesos de frío, Región Metropolitana

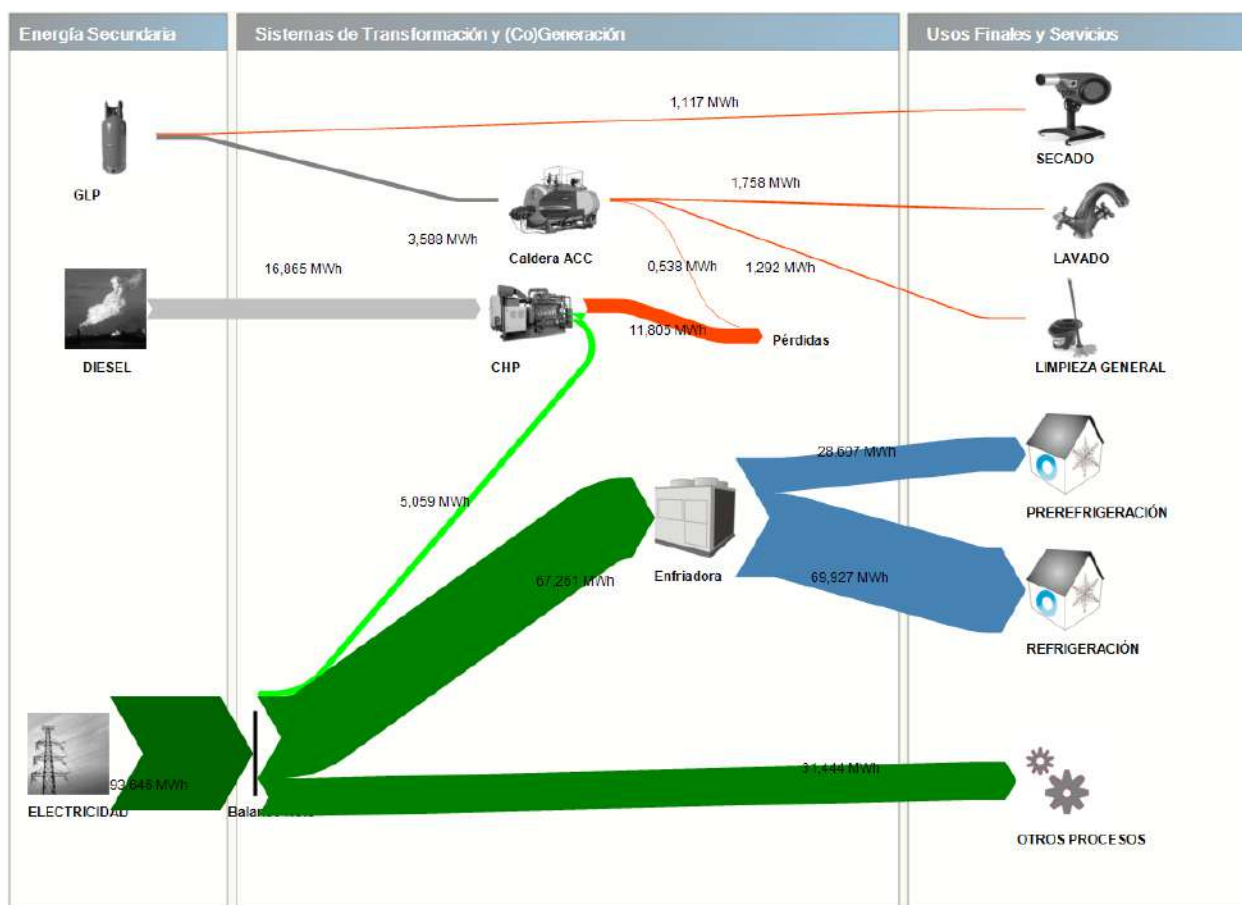


Ilustración 118. Esquema sankey de consumo energético para Región Metropolitana.

7.4.3.5. Packing tipo O'Higgins

Tabla 63 Estacionalidad de producción Región del general Libertador Bernardo O'Higgins.

| Fruta | Vol. procesado [kg] | E | F | M | A | M | J | J | A | S | O | N | D |
|-----------------|---------------------|---------|---------|---------|---------|--------|--------|--------|--------|-------|-------|--------|---------|
| Vid de mesa (B) | 240.991 | 26.950 | 51.923 | 64.695 | 51.923 | 26.950 | 9.275 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 9.275 |
| Manzano (A) | 180.166 | 0 | 3.298 | 12.097 | 29.212 | 45.476 | 45.476 | 29.212 | 12.097 | 3.298 | 0 | 0 | 0 |
| Cerezo (B) | 169.085 | 49.903 | 34.639 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 34.639 | 49.903 |
| Ciruelo (M) | 209.671 | 59.514 | 48.403 | 26.675 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 26.675 | 48.403 |
| Durazno (M) | 117.771 | 31.616 | 25.375 | 13.171 | 4.532 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 4.532 | 13.171 | 25.375 |
| Peral (A) | 94.186 | 0 | 1.724 | 6.324 | 15.271 | 23.774 | 23.774 | 15.271 | 6.324 | 1.724 | 0 | 0 | 0 |
| TOTAL | 1.011.869,51 | 167.984 | 165.362 | 122.961 | 100.938 | 96.200 | 78.525 | 44.483 | 18.421 | 5.022 | 4.532 | 74.485 | 132.955 |

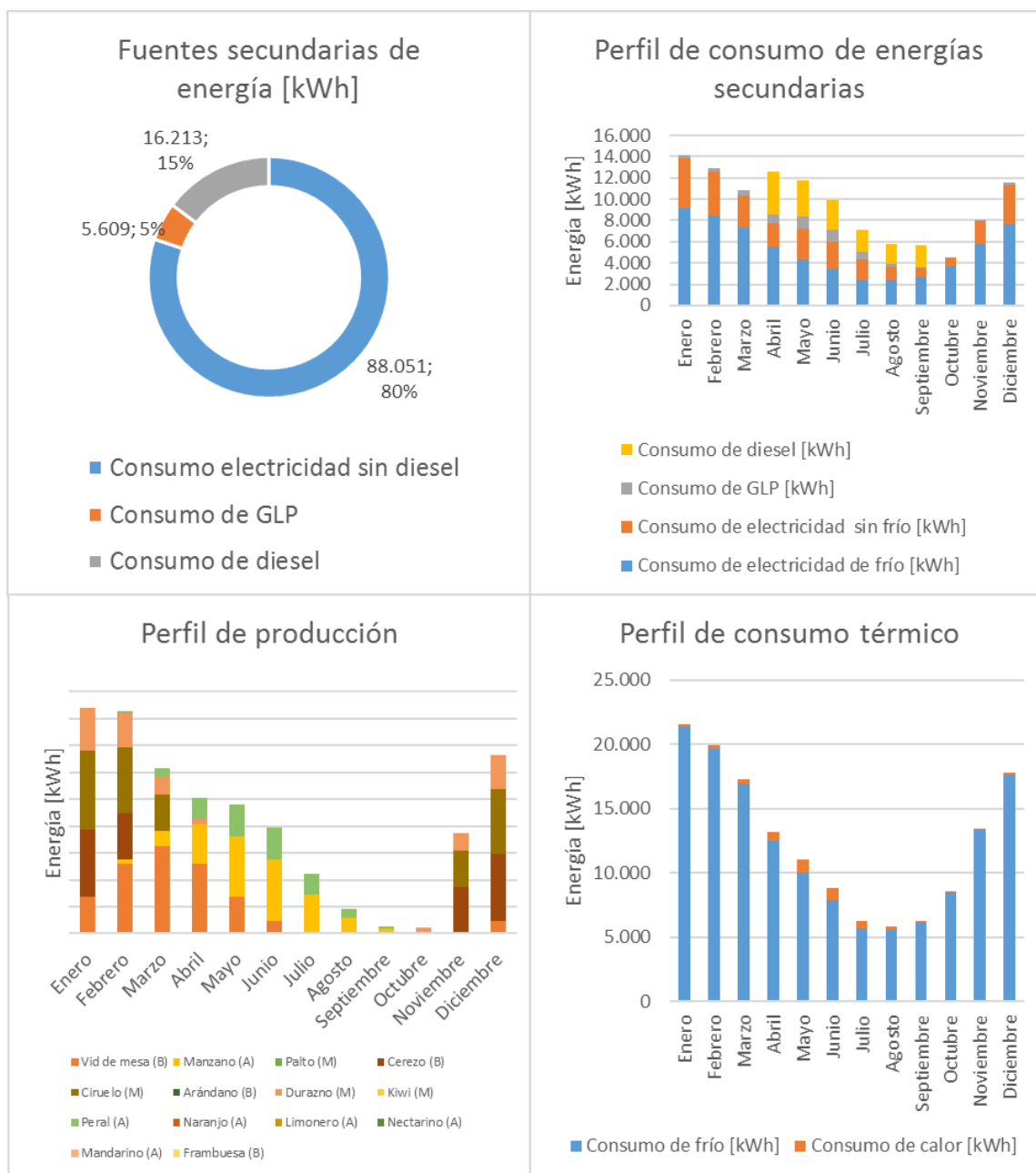


Ilustración 119. Matriz de fuentes secundarias de energía, Perfil anual de consumo de energías secundarias, Perfil de producción y Perfil de consumo térmico. Región del General Libertador Bernardo O'Higgins.

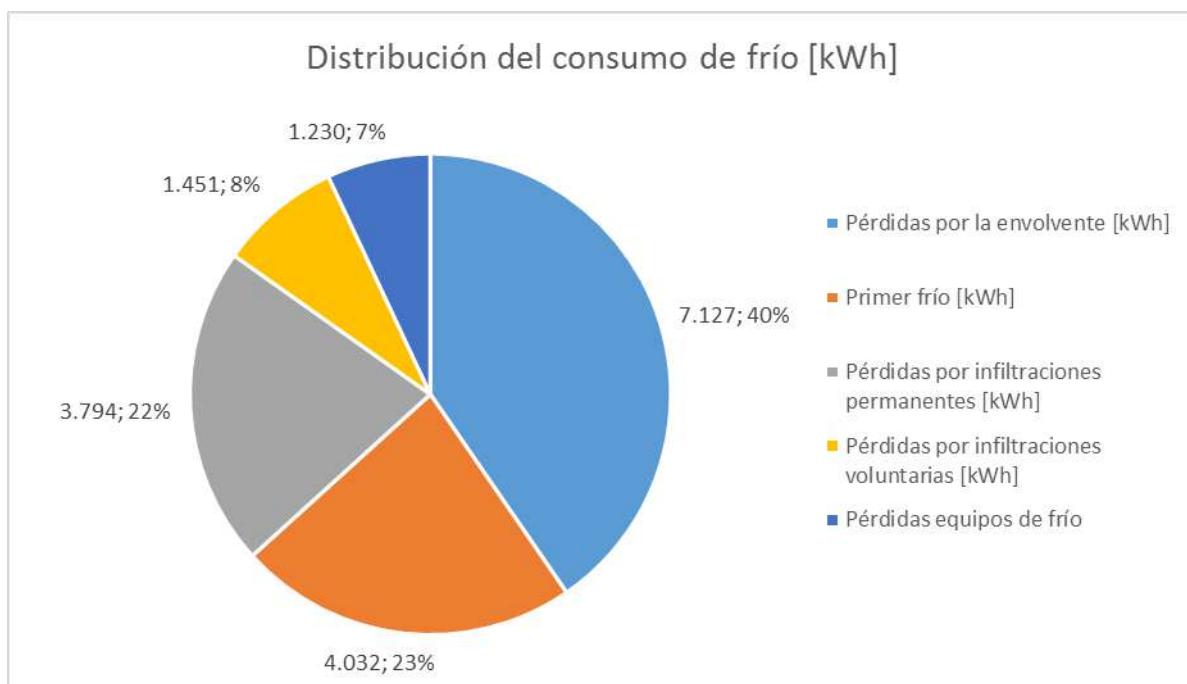


Ilustración 120. Distribución de demanda de energía para procesos de frío, Región de O'Higgins

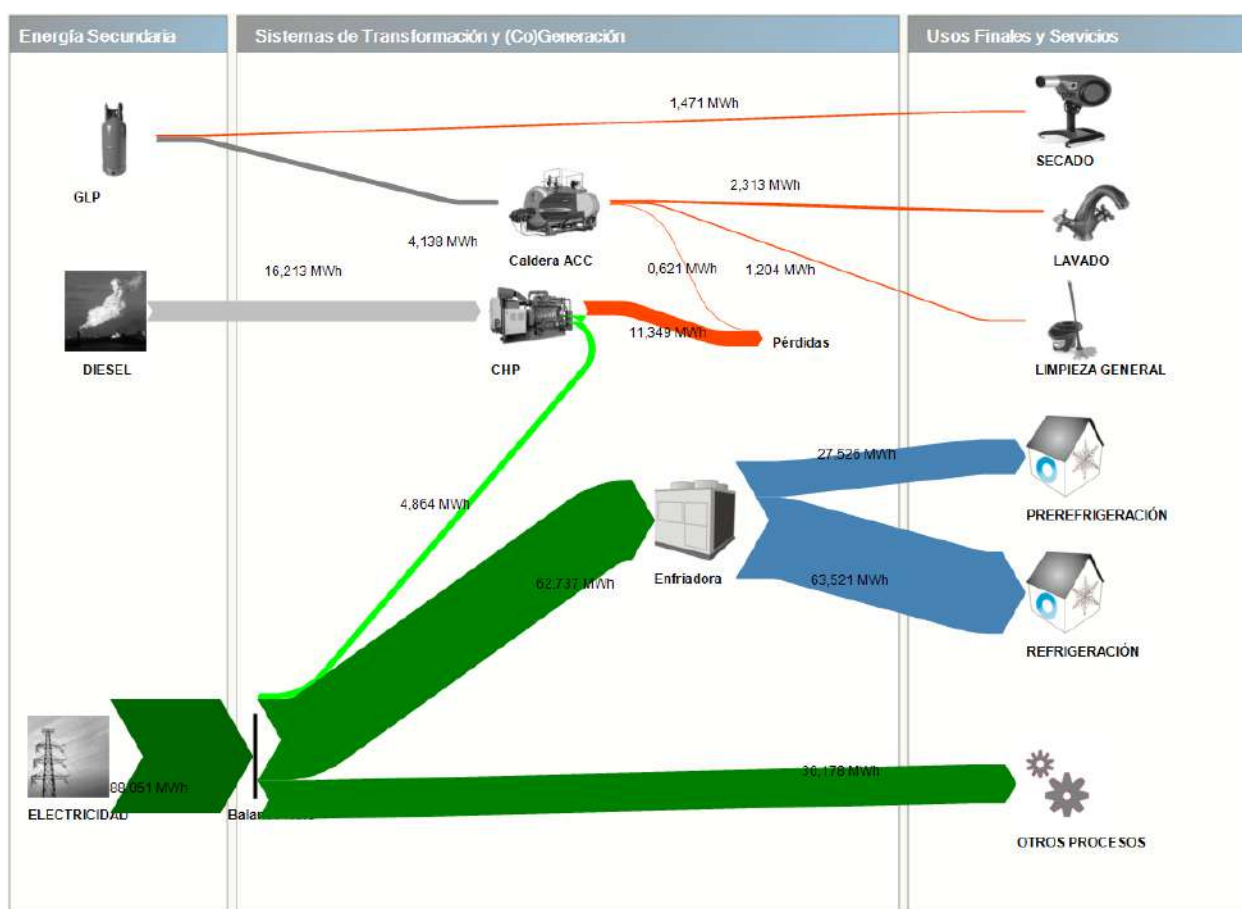


Ilustración 121. Esquema sankey de consumo energético para Región del general Libertador Bernardo O'Higgins.

7.4.3.6. Packing tipo El Maule

Tabla 64 Estacionalidad de producción Región del Maule

| Fruta | Vol. procesado [kg] | E | F | M | A | M | J | J | A | S | O | N | D |
|--------------|---------------------|---------|--------|--------|---------|---------|---------|---------|--------|--------|--------|--------|---------|
| Manzano (A) | 618.190 | 0 | 11.316 | 41.507 | 100.232 | 156.039 | 156.039 | 100.232 | 41.507 | 11.316 | 0 | 0 | 0 |
| Cerezo (B) | 222.313 | 65.613 | 45.544 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 45.544 | 65.613 |
| Ciruelo (M) | 45.100 | 12.801 | 10.411 | 5.738 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 5.738 | 10.411 |
| Arándano (B) | 120.015 | 27.706 | 15.269 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 15.269 | 27.706 | 34.066 |
| Kiwi (M) | 155.204 | 0 | 0 | 5.973 | 17.357 | 33.440 | 41.665 | 33.440 | 17.357 | 5.973 | 0 | 0 | 0 |
| Peral (A) | 71.201 | 0 | 1.303 | 4.781 | 11.544 | 17.972 | 17.972 | 11.544 | 4.781 | 1.303 | 0 | 0 | 0 |
| Total | 1.232.022,82 | 106.120 | 83.844 | 57.998 | 129.133 | 207.451 | 215.677 | 145.217 | 63.644 | 18.593 | 15.269 | 78.987 | 110.090 |

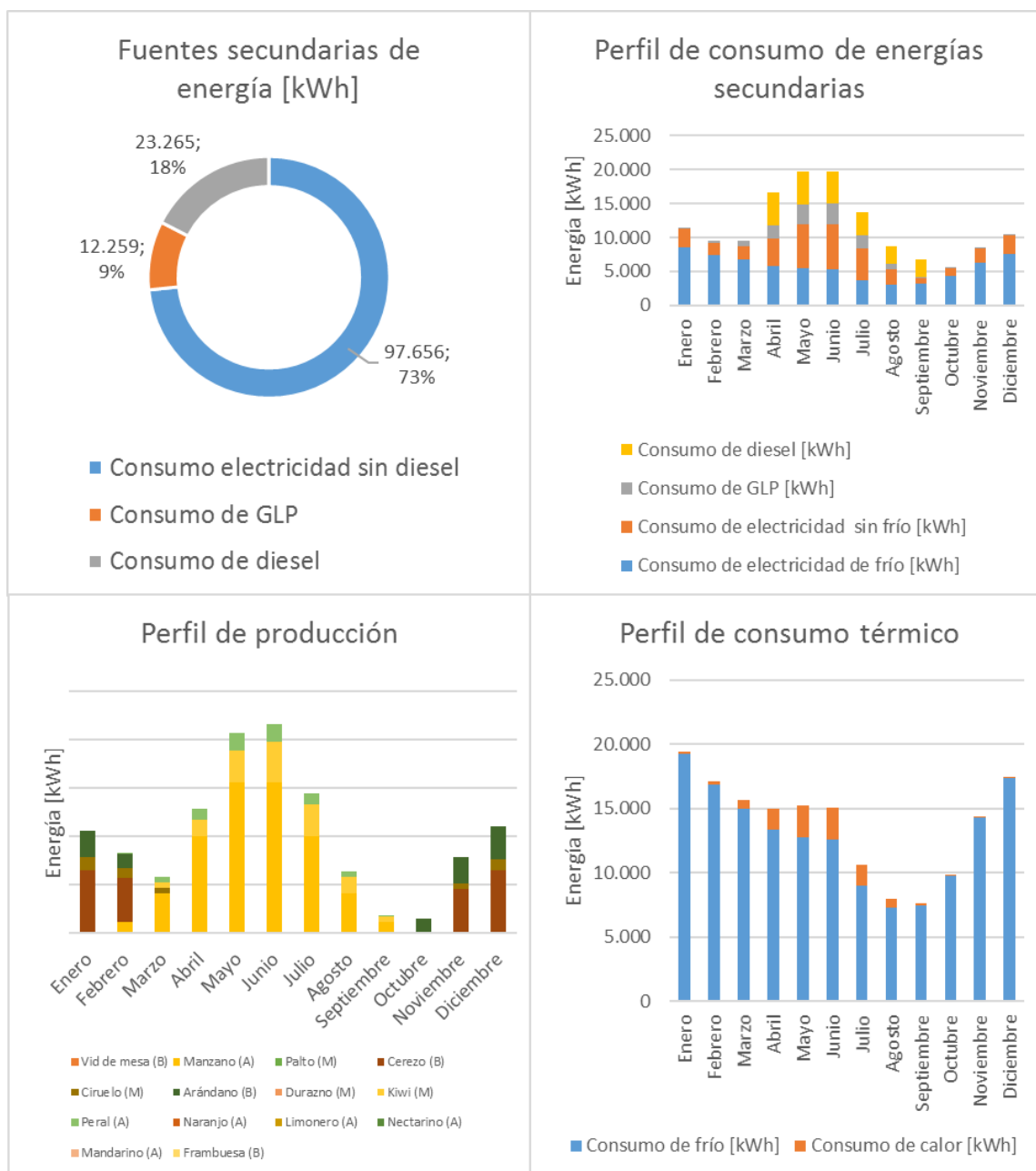


Ilustración 122. Matriz de fuentes secundarias de energía, Perfil anual de consumo de energías secundarias, Perfil de producción y Perfil de consumo térmico. Región del Maule.

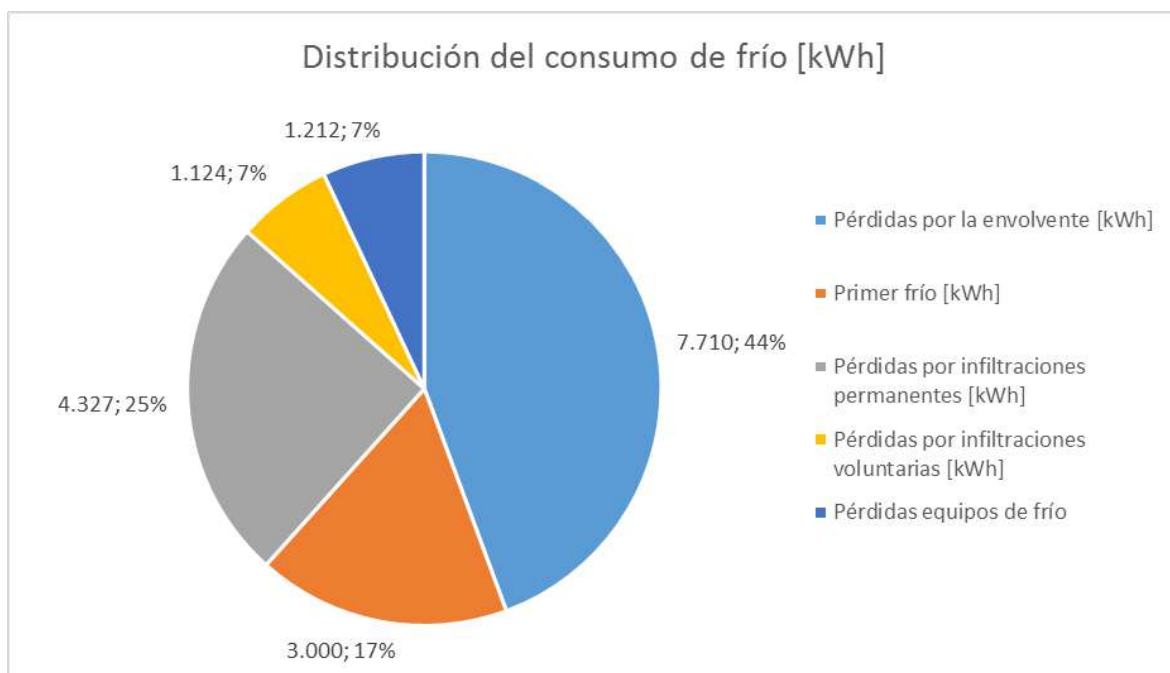


Ilustración 123. Distribución de demanda de energía para procesos de frío, Región de El Maule

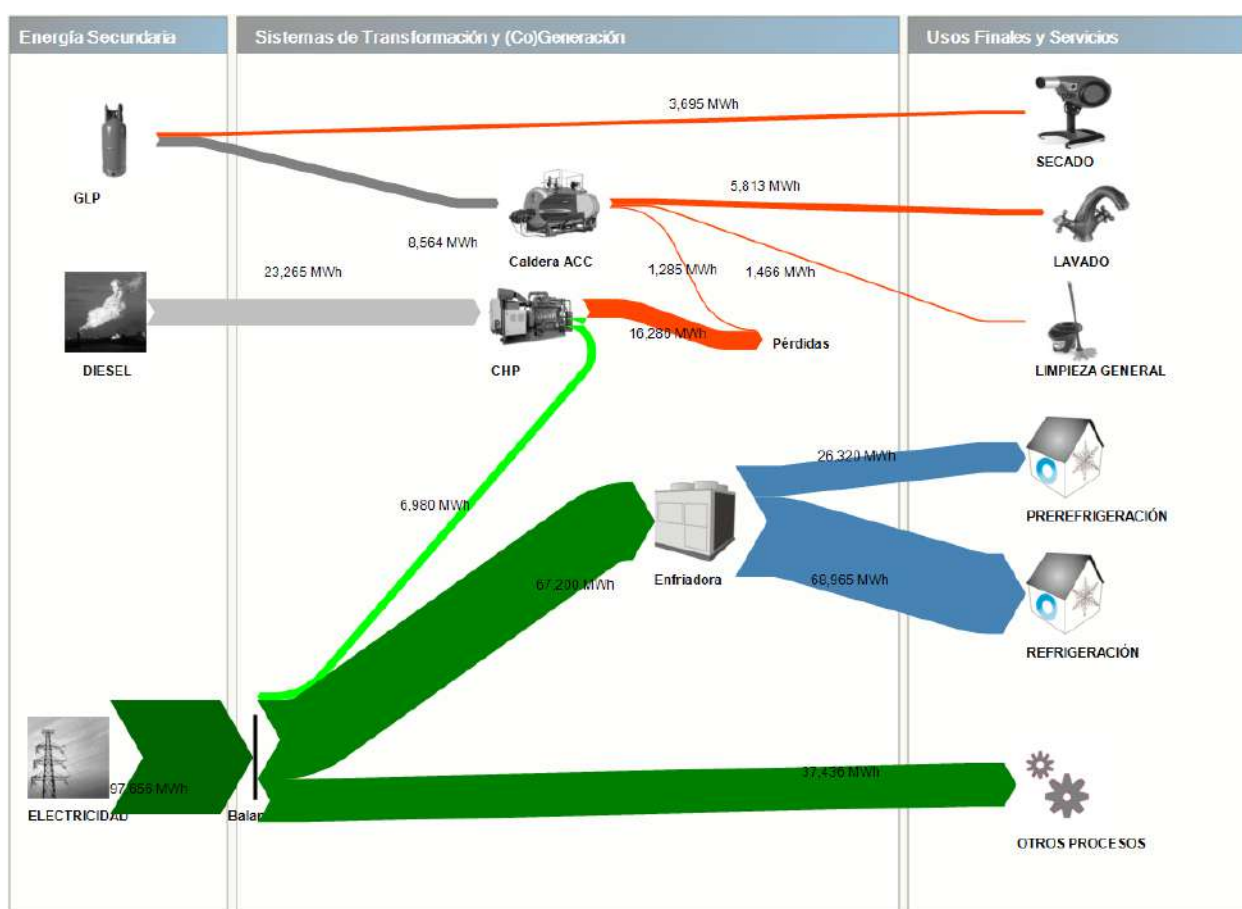


Ilustración 124. Esquema sankey de consumo energético para Región del Maule

7.4.3.7. Packing tipo Biobío

Tabla 65 Estacionalidad de producción Región de Biobío

| Fruta | Vol. procesado [kg] | E | F | M | A | M | J | J | A | S | O | N | D |
|---------------|---------------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|-------|-------|--------|--------|--------|
| Manzano (A) | 62.158 | 0 | 1.138 | 4.173 | 10.078 | 15.689 | 15.689 | 10.078 | 4.173 | 1.138 | 0 | 0 | 0 |
| Cerezo (B) | 52.121 | 15.383 | 10.678 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 10.678 | 15.383 |
| Arándano (B) | 170.336 | 39.322 | 21.671 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 21.671 | 39.322 | 48.349 |
| Kiwi (M) | 24.976 | 0 | 0 | 961 | 2.793 | 5.381 | 6.705 | 5.381 | 2.793 | 961 | 0 | 0 | 0 |
| Peral (A) | 51.059 | 14.493 | 11.787 | 6.496 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 6.496 | 11.787 |
| Frambuesa (B) | 360.649,65 | 69.198 | 45.274 | 11.631 | 12.871 | 21.071 | 22.394 | 15.459 | 6.967 | 2.099 | 21.671 | 56.496 | 75.519 |
| Total | 62.158 | 0 | 1.138 | 4.173 | 10.078 | 15.689 | 15.689 | 10.078 | 4.173 | 1.138 | 0 | 0 | 0 |

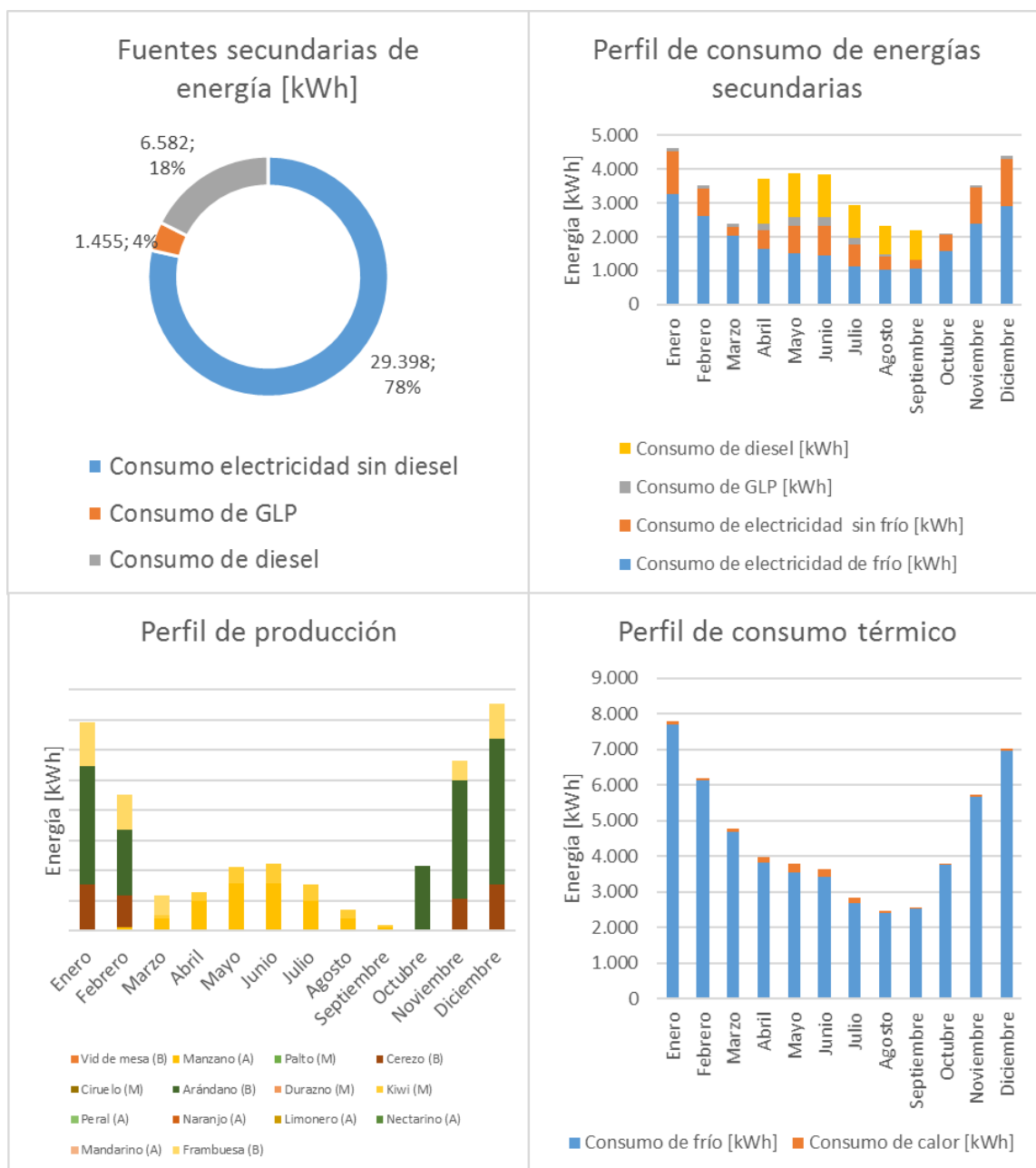


Ilustración 125. Matriz de fuentes secundarias de energía, Perfil anual de consumo de energías secundarias, Perfil de producción y Perfil de consumo térmico. Región de Biobío

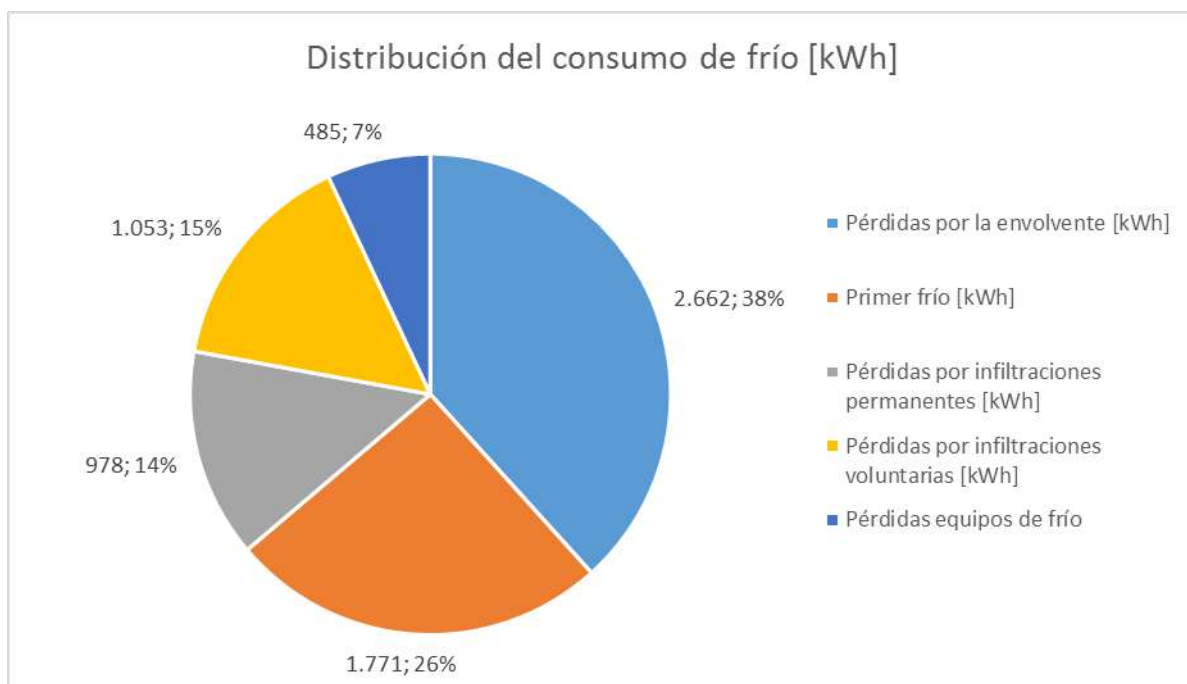


Ilustración 126. Distribución de demanda de energía para procesos de frío, Región de Biobío

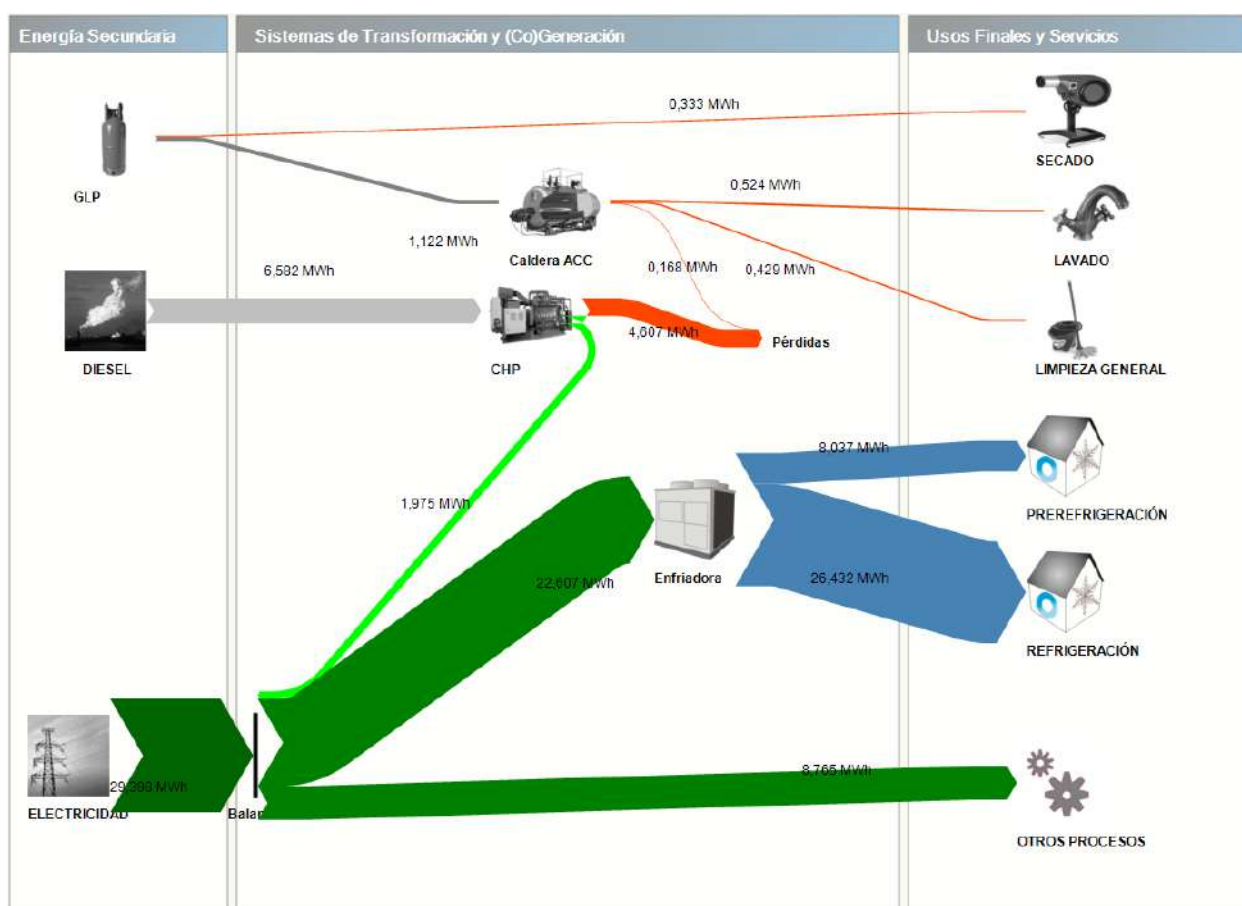


Ilustración 127. Esquema sankey de consumo energético para Región del Biobío

7.4.3.8. *Packing tipo Araucanía*

Tabla 66 Estacionalidad de producción Región de La Araucanía

| Fruta | Vol. procesado [kg] | E | F | M | A | M | J | J | A | S | O | N | D |
|---------------|---------------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|-------|--------|--------|--------|
| Manzano (A) | 214.656 | 0 | 3.929 | 14.413 | 34.804 | 54.182 | 54.182 | 34.804 | 14.413 | 3.929 | 0 | 0 | 0 |
| Cerezo (B) | 33.117 | 9.774 | 6.785 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 6.785 | 9.774 |
| Arándano (B) | 135.331 | 31.241 | 17.218 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 17.218 | 31.241 | 38.413 |
| Frambuesa (B) | 28.679 | 8.140 | 6.620 | 3.649 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 3.649 | 6.620 |
| Total | 411.782,86 | 49.156 | 34.552 | 18.061 | 34.804 | 54.182 | 54.182 | 34.804 | 14.413 | 3.929 | 17.218 | 41.674 | 54.808 |

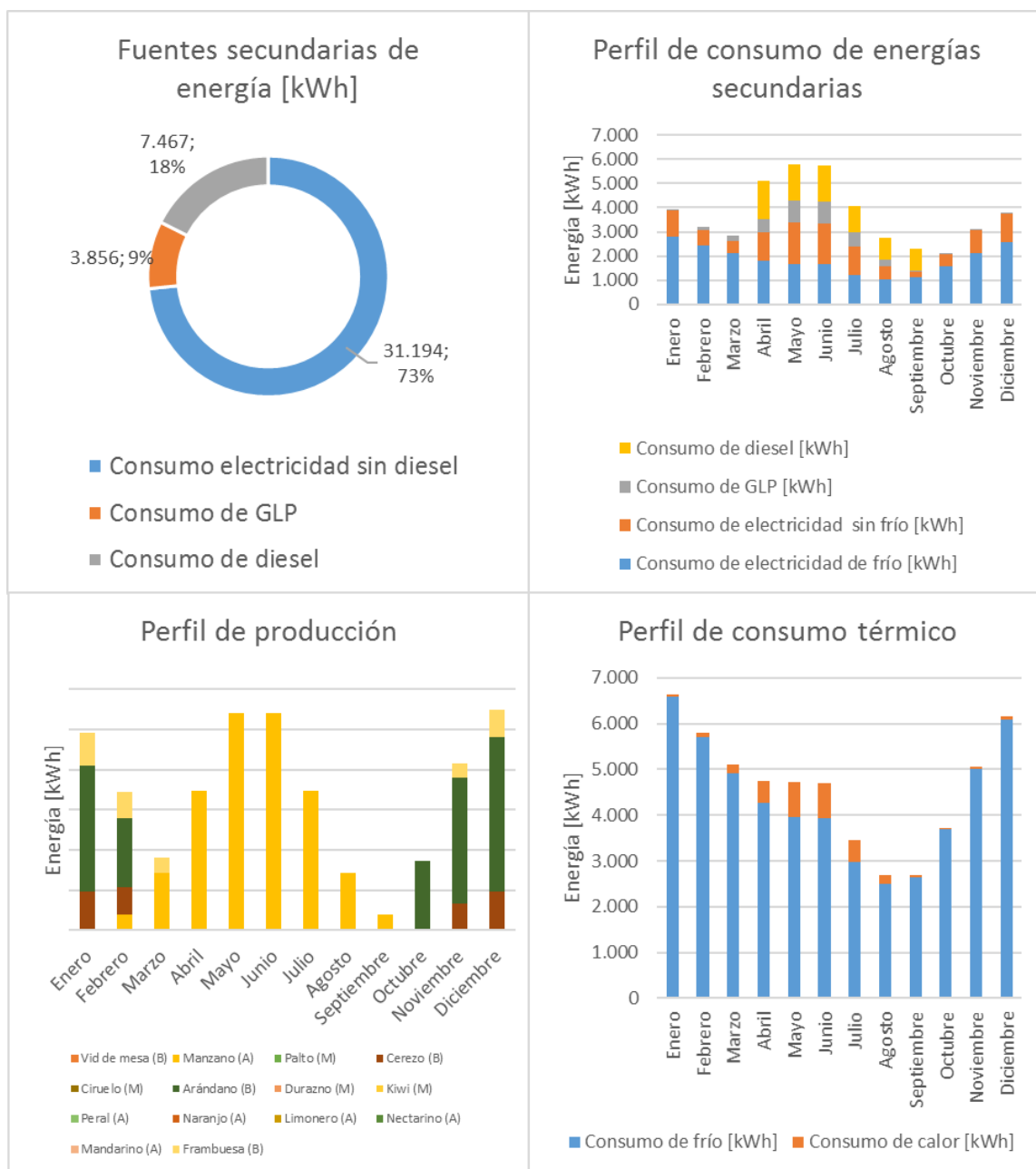


Ilustración 128. Matriz de fuentes secundarias de energía, Perfil anual de consumo de energías secundarias, Perfil de producción y Perfil de consumo térmico. Región de La Araucanía

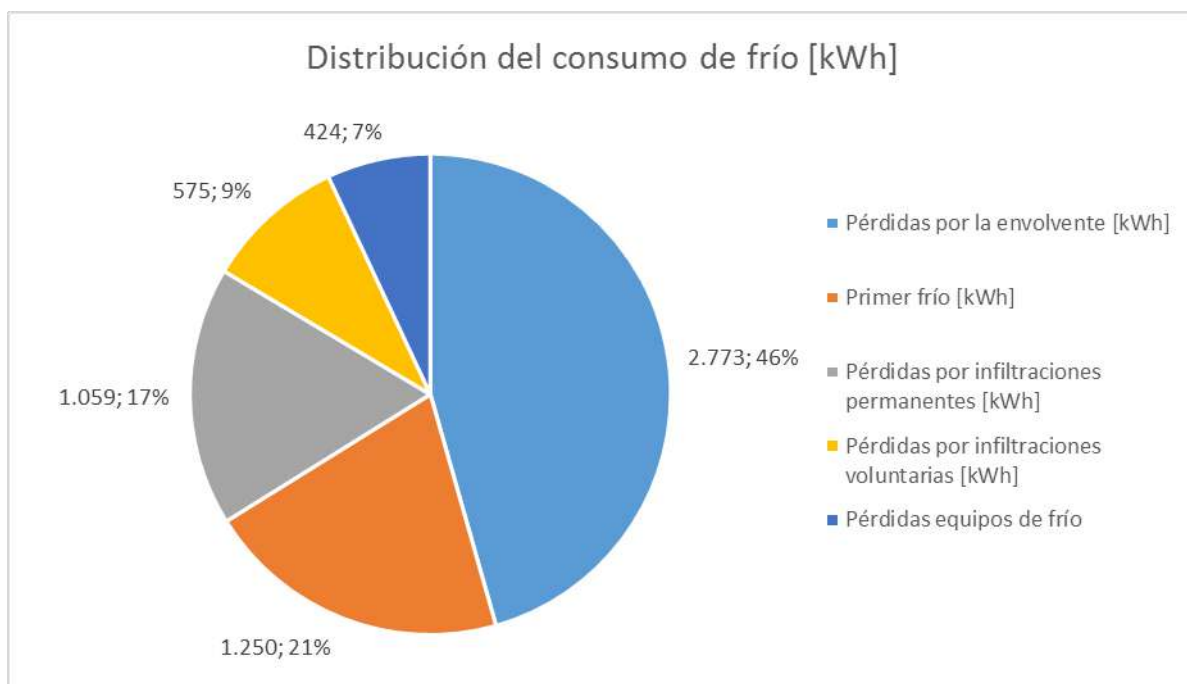


Ilustración 129. Distribución de demanda de energía para procesos de frío, Región de La Araucanía

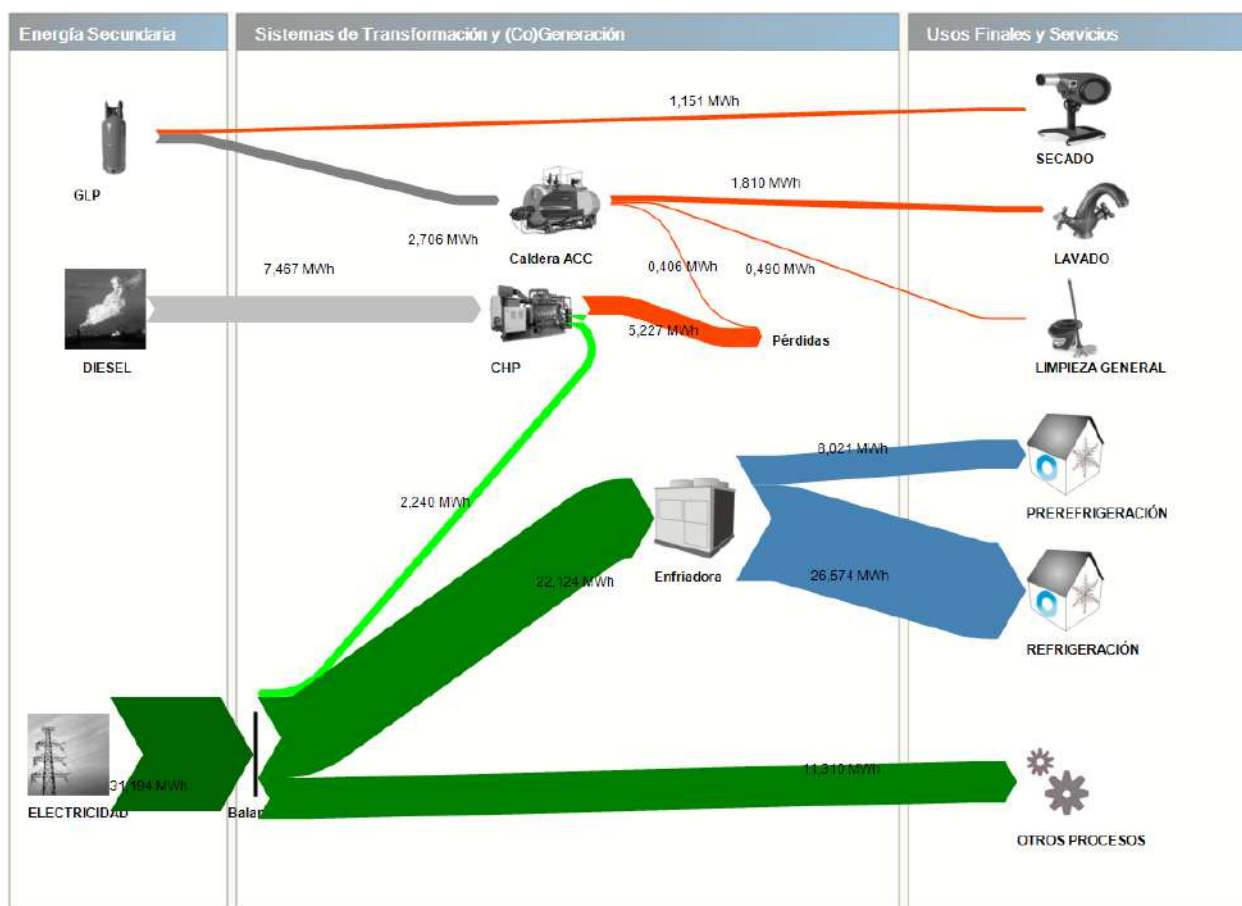


Ilustración 130. Esquema sankey de consumo energético para Región de La Araucanía

7.4.3.9. Packing tipo Los Ríos

Tabla 67 Estacionalidad de producción Región de Los Ríos

| Fruta | Vol. procesado [kg] | E | F | M | A | M | J | J | A | S | O | N | D |
|---------------|---------------------|---------|--------|--------|-------|-------|-------|-------|-------|-----|--------|---------|---------|
| Arándano (B) | 505.012 | 116.582 | 64.250 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 64.250 | 116.582 | 143.346 |
| Frambuesa (B) | 505.012 | 116.582 | 64.250 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 64.250 | 116.582 | 143.346 |
| Total | 597.274 | 140.907 | 84.639 | 11.665 | 1.093 | 2.105 | 2.623 | 2.105 | 1.093 | 376 | 62.313 | 126.198 | 162.161 |

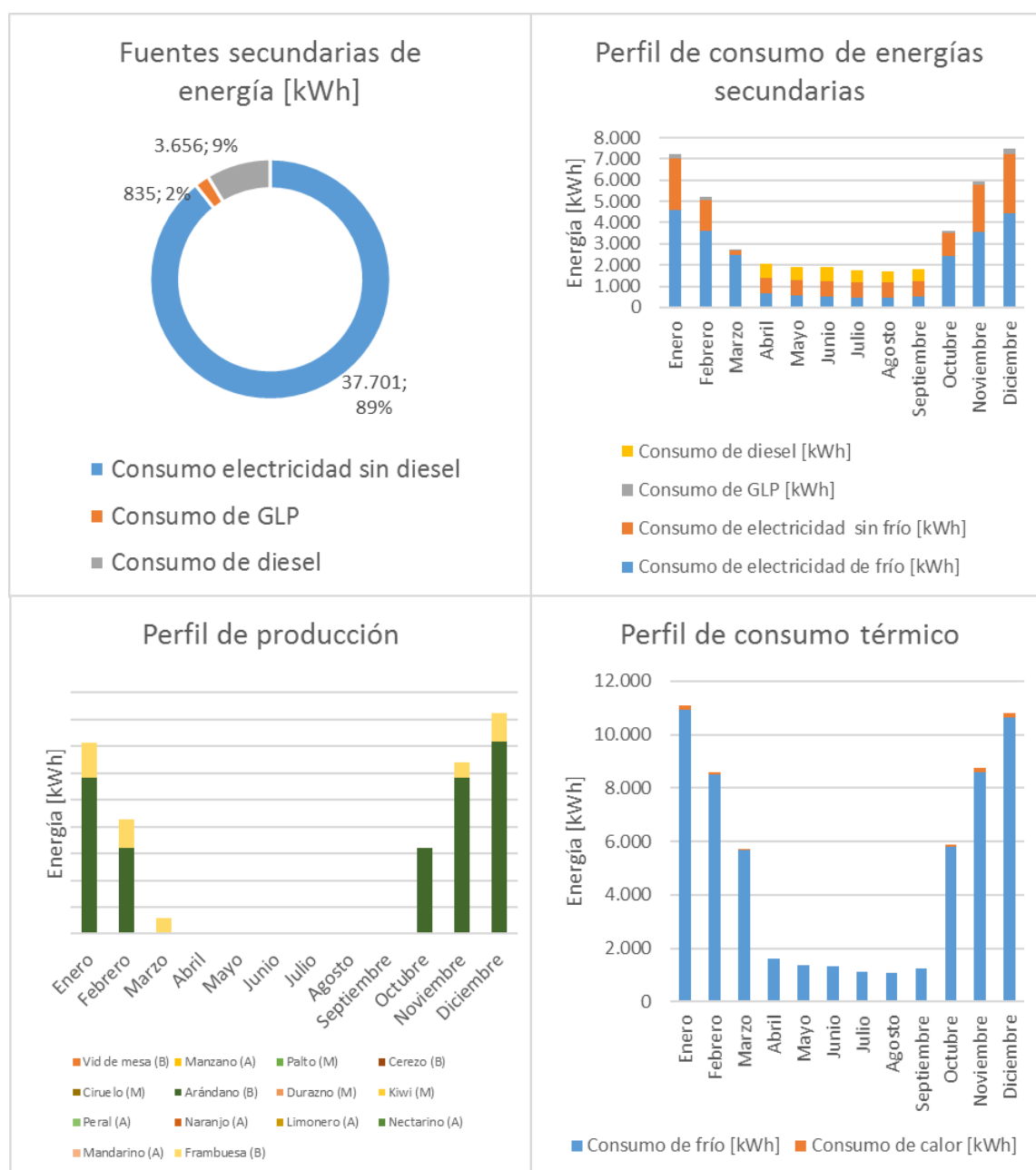


Ilustración 131. Matriz de fuentes secundarias de energía, Perfil anual de consumo de energías secundarias, Perfil de producción y Perfil de consumo térmico. Región de Los Ríos.

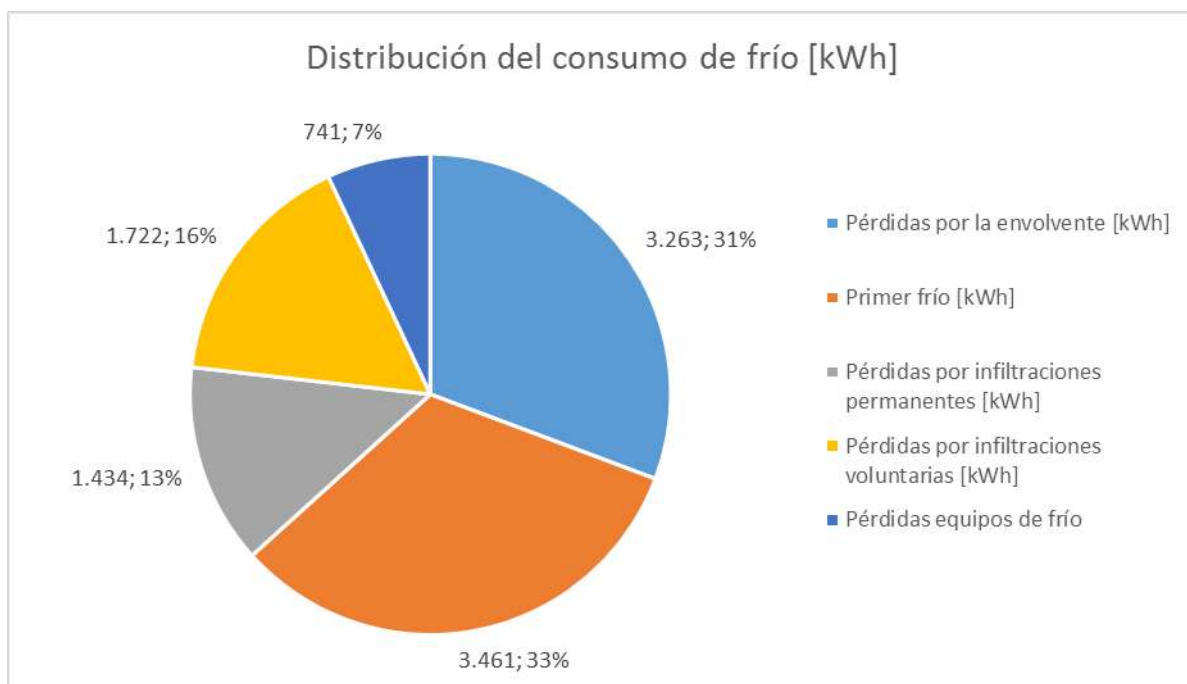


Ilustración 132. Distribución de demanda de energía para procesos de frío, Región de Los Ríos

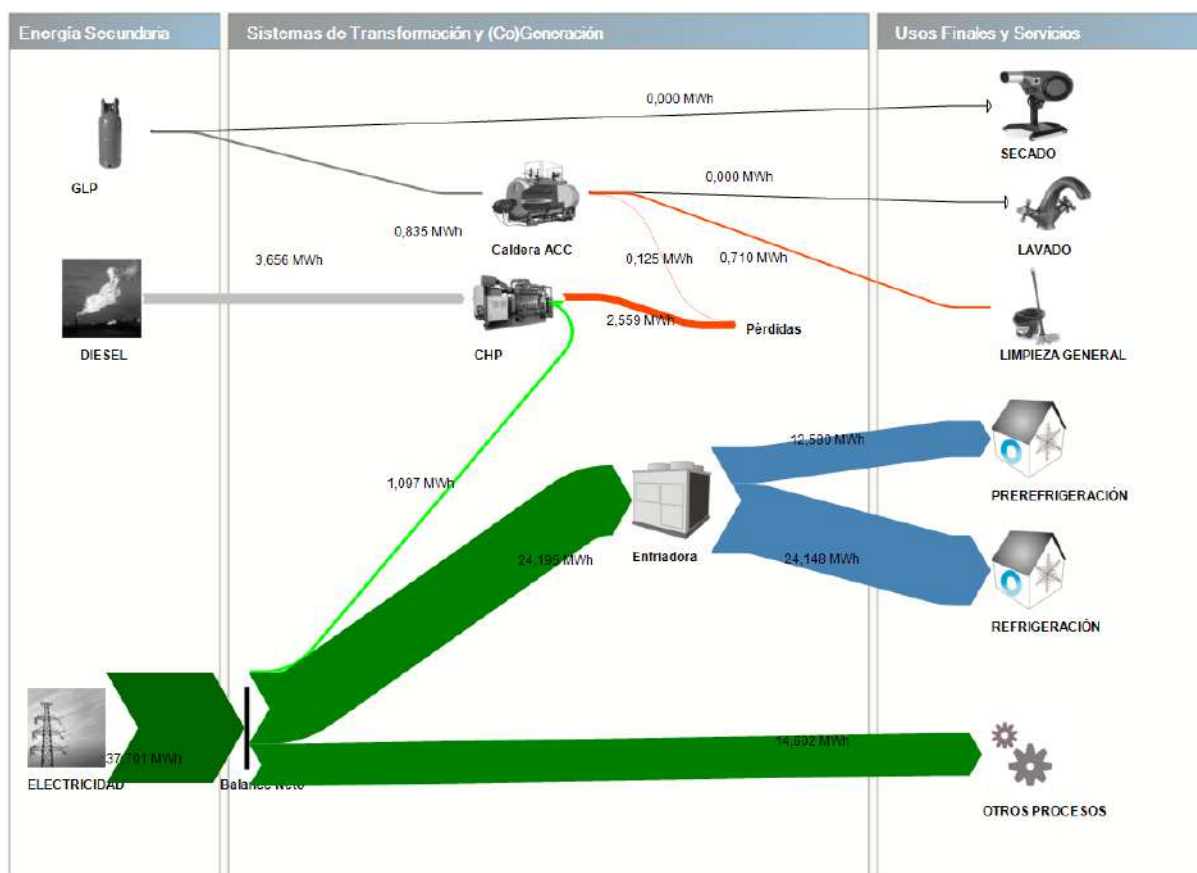


Ilustración 133. Esquema sankey de consumo energético para Región de Los Ríos

7.4.3.10. Packing tipo Los Lagos

Tabla 68 Estacionalidad de producción Región de Los Lagos

| Fruta | Vol. procesado [kg] | E | | F | M | A | M | J | J | A | S | O | N | D |
|---------------|---------------------|---------|--|--------|--------|---|---|---|---|---|---|--------|---------|---------|
| Arándano (B) | 478.800 | 110.531 | | 60.916 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 60.916 | 110.531 | 135.906 |
| Frambuesa (B) | 91.200 | 25.887 | | 21.054 | 11.603 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 11.603 | 21.054 |
| Total | 570.000 | 136.418 | | 81.969 | 11.603 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 60.916 | 122.134 | 156.960 |

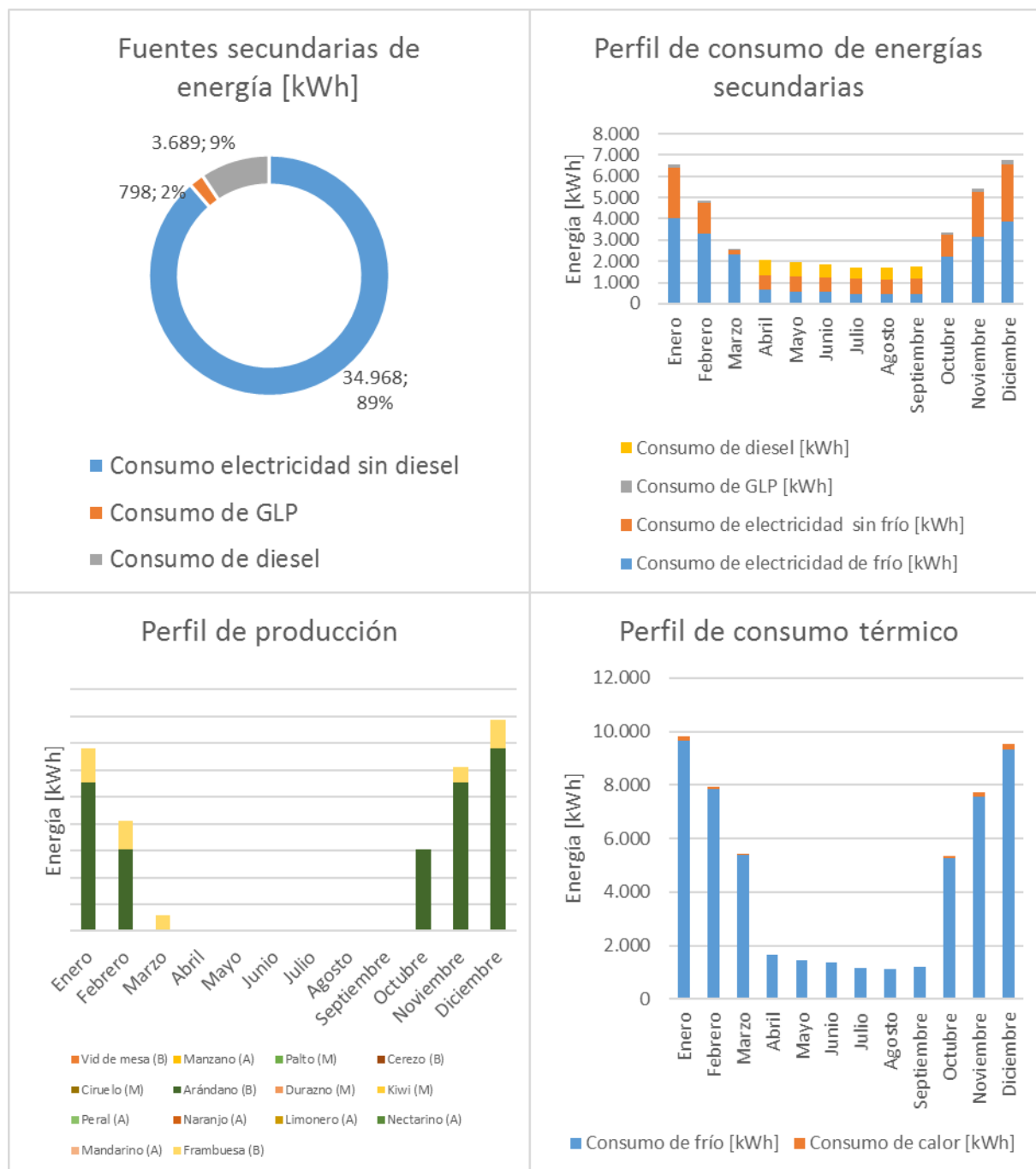


Ilustración 134. Matriz de fuentes secundarias de energía, Perfil anual de consumo de energías secundarias, Perfil de producción y Perfil de consumo térmico. Región de Los Lagos.

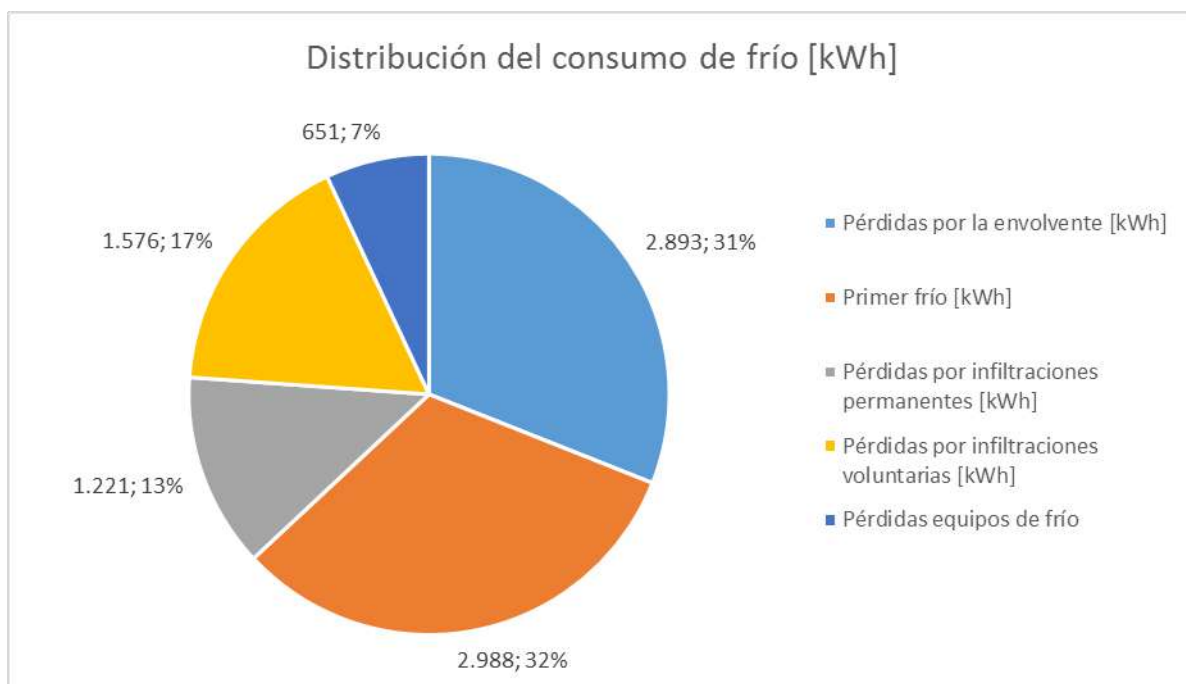


Ilustración 135. Distribución de demanda de energía para procesos de frío, Región de Los Lagos

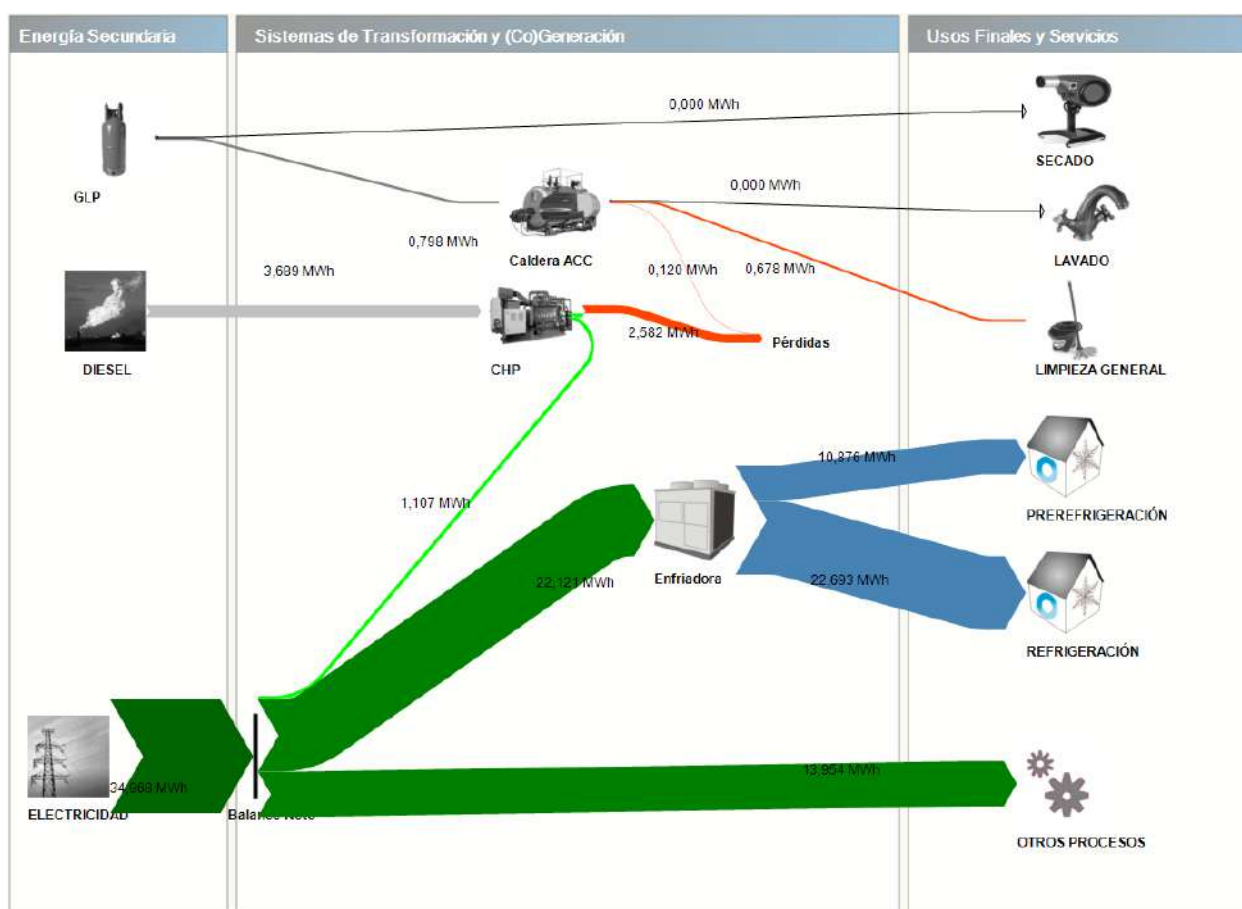


Ilustración 136. Esquema sankey de consumo energético para Región de Los Lagos

8. Identificación y Análisis de Alternativas de Energías Renovables

8.1. Caracterización de Recursos Renovables

El recurso solar, la velocidad del viento, el factor de nubosidad y la temperatura ambiente, son perfiles que se caracterizaron a través del explorador solar, para una posición dispuesta en cada región analizada, en puntos lejanos a la costa, en el valle central, de acuerdo a lo acordado con el cliente. Los puntos fueron escogidos en lugares donde se visualizara algún tipo de cultivo o terreno plano extensivo, en las siguientes coordenadas:

Tabla 69 Localizaciones seleccionadas como punto de referencia en cada región. Fuente: Elaboración propia

| Región | Latitud [°] | Longitud [°] | Altura [msnm] |
|---------------|-------------|--------------|---------------|
| Atacama | -27,3693276 | -70,3317261 | 387,2513428 |
| Coquimbo | -29,9971657 | -71,0293579 | 248,5292511 |
| Valparaíso | -32,7745743 | -70,6324768 | 762,544434 |
| Metropolitana | -33,477272 | -70,7080078 | 506,8620605 |
| O'Higgins | -34,1799965 | -70,74646 | 512,2444458 |
| El Maule | -35,4203911 | -71,6363525 | 115,0376282 |
| Biobío | -36,8684959 | -72,3947525 | 124,6243515 |
| Araucanía | -38,74123 | -72,5921631 | 116,0661011 |
| Los Ríos | -39,8385963 | -72,778244 | 83,65180206 |
| Los Lagos | -41,4674301 | -72,9382324 | 44,03126526 |

8.1.1. Recurso Solar

Para el recurso solar se utilizó la radiación horizontal directa y difusa, además de la nubosidad.

Tabla 70 Ejemplo de recurso solar, Radiación directa horizontal en Atacama. (Wh/m2 promedio horario mensual). Fuente: Explorador solar.

| | Promedio | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 | 21 | 22 | 23 |
|-------------------|----------|---|---|---|---|---|---|----|-----|-----|-----|-----|-----|------|------|-----|-----|-----|-----|-----|----|----|----|----|----|
| Enero a Diciembre | 246 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 11 | 98 | 316 | 526 | 680 | 783 | 827 | 801 | 708 | 552 | 367 | 187 | 52 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Enero | 331 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 21 | 168 | 445 | 676 | 854 | 975 | 1030 | 1016 | 923 | 765 | 566 | 339 | 151 | 15 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Febrero | 319 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 9 | 109 | 396 | 629 | 816 | 949 | 1011 | 1002 | 923 | 768 | 564 | 332 | 133 | 6 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Marzo | 276 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2 | 69 | 328 | 555 | 743 | 864 | 920 | 908 | 818 | 660 | 462 | 244 | 60 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Abril | 222 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 46 | 260 | 461 | 630 | 727 | 777 | 764 | 676 | 512 | 319 | 144 | 11 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Mayo | 179 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 19 | 194 | 375 | 533 | 632 | 667 | 633 | 538 | 393 | 230 | 77 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Junio | 155 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 12 | 137 | 308 | 458 | 560 | 594 | 563 | 471 | 352 | 206 | 62 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Julio | 160 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 11 | 134 | 313 | 463 | 571 | 613 | 582 | 495 | 357 | 209 | 82 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Agosto | 185 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 26 | 199 | 388 | 547 | 656 | 681 | 647 | 559 | 388 | 235 | 113 | 7 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Septiembre | 219 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 5 | 81 | 299 | 513 | 655 | 723 | 740 | 705 | 619 | 466 | 288 | 139 | 18 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Octubre | 266 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 22 | 169 | 409 | 639 | 750 | 836 | 882 | 839 | 731 | 548 | 343 | 179 | 39 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Noviembre | 307 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 35 | 227 | 483 | 712 | 826 | 919 | 971 | 936 | 829 | 665 | 443 | 235 | 75 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Diciembre | 337 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 35 | 237 | 502 | 738 | 889 | 988 | 1039 | 1013 | 917 | 752 | 535 | 304 | 128 | 7 | 0 | 0 | 0 | 0 |

Para la generación fotovoltaica, además se utilizó la potencia generada por una instalación de un kW de potencia para los mismos puntos, del mismo explorador.

8.1.2. Recurso Hídrico

El recurso hídrico se puede medir en el caudal y la altura que tienen los ríos para la producción de energía eléctrica. Para el caso puntual de los Packings, puede corresponder a acequias u otro tipo de aguas superficiales en las cuales la empresa tenga derechos de uso no consuntivo.

La diferencia de cotas en el recurso es una constante durante el año, mientras que el caudal (ciclo anual) define la variabilidad temporal del mismo.

Para ambas características resulta complejo realizar una caracterización regional del recurso, puesto que dentro de esta división puede existir una amplia gama de posibilidades tanto de caudal como altura del recurso.

Sin embargo, los orígenes de las variaciones de caudal de los ríos se pueden dividir en tres: pluvial, nival, glaciar. Siendo para Chile la mayoría de los casos un caso mixto entre nival y pluvial.

Según referencias bibliográficas consultadas⁶⁵ la hidrografía varía según las zonas hidrográficas que a su vez agrupan las cuencas.

Esto quiere decir que dentro de una misma zona hidrográfica lo más probable es que los ríos tengan un origen similar y por lo tanto compartan en cierta medida el régimen anual.

Para efectos de este estudio se utilizó la variación de régimen (ciclo anual) informada por el explorador de derechos de aguas no consuntivos⁶⁶ para cada región del país.

El ciclo anual es normalizado por el máximo caudal anual para generar un perfil adimensional que sirve de entrada para el modelo de generación eléctrica.

Para la región de Atacama, por carencia de información, se supuso la no existencia de este recurso.

Tabla 71 Perfiles de recurso hídrico a lo largo de Chile (Caudal en metros cúbicos por segundo). Fuente: Explorador de derechos de agua no consuntivos.

| | Atacama | Coquimbo | Valparaíso | Metropolitana | O'Higgins | El Maule | Biobío | Araucanía | Los Ríos | Los Lagos |
|------------|---------|----------|------------|---------------|-----------|----------|---------|-----------|----------|-----------|
| Enero | 0,0 | 62,7 | 181,7 | 1146,9 | 1508,3 | 2537,0 | 3982,6 | 3273,6 | 2981,3 | 4394,7 |
| Febrero | 0,0 | 59,9 | 172,1 | 1080,9 | 1291,2 | 2004,5 | 3069,4 | 2614,7 | 2391,0 | 4169,1 |
| Marzo | 0,0 | 58,2 | 170,3 | 792,2 | 1015,9 | 1757,8 | 2611,7 | 2287,6 | 2230,0 | 4101,7 |
| Abril | 0,0 | 55,7 | 161,4 | 584,9 | 955,6 | 1897,7 | 3989,9 | 3236,8 | 2910,3 | 4386,9 |
| Mayo | 0,0 | 55,1 | 164,1 | 653,3 | 1038,4 | 2565,9 | 9072,0 | 6598,7 | 5617,6 | 5055,3 |
| Junio | 0,0 | 55,0 | 164,6 | 646,8 | 1179,4 | 2834,9 | 10822,4 | 7455,0 | 6212,0 | 5450,5 |
| Julio | 0,0 | 55,5 | 166,3 | 658,1 | 1188,0 | 2736,1 | 11266,7 | 7542,6 | 6081,2 | 5357,5 |
| Agosto | 0,0 | 56,2 | 168,4 | 645,6 | 1118,2 | 2551,2 | 9744,1 | 6618,9 | 5747,7 | 5176,0 |
| Septiembre | 0,0 | 56,9 | 173,1 | 665,4 | 1110,5 | 2657,7 | 9041,5 | 6330,1 | 4969,3 | 4773,4 |
| Octubre | 0,0 | 63,1 | 184,4 | 766,1 | 1150,5 | 2955,8 | 8809,3 | 6090,6 | 4665,1 | 4766,1 |
| Noviembre | 0,0 | 63,1 | 186,7 | 1111,1 | 1421,0 | 3050,0 | 8056,5 | 5446,7 | 4495,0 | 4847,4 |
| Diciembre | 0,0 | 63,1 | 186,3 | 1147,6 | 1567,6 | 3044,6 | 6802,7 | 4833,8 | 4395,6 | 4718,3 |

Los valles desde Coquimbo hasta la región metropolitana corresponden a zonas hídricas de origen mixto, nivales y pluviales. En las regiones desde O'Higgins hasta Los Ríos, se aprecia más bien un comportamiento pluvial, y en la región de los lagos también es un régimen pluvial, pero suavizado por el comportamiento de embalse que causan lagos y lagunas de la región.

⁶⁵ <http://www.bcn.cl/siit/nuestropais/hidrografia.htm>

⁶⁶ <http://walker.dgf.uchile.cl/Explorador/DAANC/>

8.1.3. Recurso Eólico

Al igual que el recurso hídrico, el recurso eólico, expresado como el perfil anual de velocidades de viento, es una variable local.

Y al igual que para el recurso hídrico se producen fenómenos estacionales (constatado con el explorador eólico dentro de una misma región, para varias regiones). A diferencia del recurso hídrico, el ciclo diario tiene un peso mayor.

Por este motivo se utilizó la variación del perfil horario-mensual entregado por el explorador solar⁶⁷, en base regional.

Tabla 72 Ejemplo de recurso eólico. Velocidad del viento en región de Coquimbo (metros por segundo promedio horario mensual). Fuente: Explorador solar

| | | Horas del día | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|-------------------|----------|---------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| | Promedio | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 | 21 | 22 | 23 |
| Enero a Diciembre | 2,8 | 1,4 | 1,4 | 1,4 | 1,5 | 1,5 | 1,5 | 1,5 | 1,5 | 1,7 | 2,1 | 3,0 | 3,9 | 4,7 | 5,3 | 5,7 | 5,8 | 5,5 | 4,9 | 4,0 | 2,7 | 1,6 | 1,2 | 1,2 | 1,3 |
| Enero | 3,5 | 1,4 | 1,5 | 1,4 | 1,4 | 1,3 | 1,4 | 1,4 | 1,4 | 1,9 | 3,2 | 4,9 | 5,9 | 6,5 | 7,0 | 7,2 | 7,2 | 6,9 | 6,4 | 5,7 | 4,1 | 2,0 | 1,0 | 1,0 | 1,1 |
| Febrero | 3,3 | 1,2 | 1,2 | 1,2 | 1,3 | 1,4 | 1,4 | 1,3 | 1,4 | 1,8 | 2,7 | 4,2 | 5,5 | 6,4 | 7,0 | 7,2 | 7,1 | 6,8 | 6,3 | 5,6 | 4,0 | 2,1 | 1,1 | 1,0 | 1,1 |
| Marzo | 2,9 | 1,1 | 1,1 | 1,3 | 1,3 | 1,3 | 1,2 | 1,2 | 1,3 | 1,4 | 2,0 | 3,3 | 4,7 | 5,5 | 6,1 | 6,5 | 6,5 | 6,3 | 5,8 | 4,8 | 3,1 | 1,6 | 1,1 | 1,1 | 1,1 |
| Abril | 2,1 | 1,0 | 1,0 | 1,0 | 1,1 | 1,1 | 1,0 | 1,0 | 1,1 | 1,0 | 1,1 | 1,6 | 2,7 | 3,5 | 4,3 | 4,8 | 5,0 | 4,9 | 4,2 | 3,0 | 1,8 | 1,2 | 1,0 | 1,0 | 1,0 |
| Mayo | 2,2 | 1,6 | 1,5 | 1,6 | 1,7 | 1,7 | 1,6 | 1,6 | 1,8 | 1,8 | 1,7 | 1,8 | 2,4 | 3,0 | 3,6 | 4,1 | 4,2 | 3,9 | 3,2 | 2,3 | 1,6 | 1,4 | 1,5 | 1,7 | 1,7 |
| Junio | 2,1 | 1,5 | 1,6 | 1,6 | 1,7 | 1,7 | 1,7 | 1,9 | 2,0 | 1,9 | 1,7 | 1,4 | 1,8 | 2,7 | 3,5 | 4,0 | 4,1 | 3,8 | 3,1 | 2,2 | 1,4 | 1,3 | 1,3 | 1,5 | 1,6 |
| Julio | 2,2 | 1,4 | 1,7 | 1,8 | 1,9 | 1,9 | 2,0 | 2,0 | 1,9 | 1,8 | 1,5 | 1,4 | 1,9 | 2,9 | 3,7 | 4,2 | 4,4 | 4,1 | 3,4 | 2,3 | 1,5 | 1,3 | 1,3 | 1,4 | 1,3 |
| Agosto | 2,4 | 1,6 | 1,7 | 1,7 | 1,7 | 1,6 | 1,7 | 1,8 | 1,8 | 1,8 | 1,7 | 1,8 | 2,4 | 3,4 | 4,2 | 4,8 | 4,9 | 4,6 | 3,8 | 2,7 | 1,7 | 1,4 | 1,4 | 1,5 | 1,5 |
| Septiembre | 2,6 | 1,5 | 1,5 | 1,6 | 1,6 | 1,7 | 1,7 | 1,7 | 1,8 | 1,7 | 1,8 | 2,3 | 3,3 | 4,3 | 5,0 | 5,4 | 5,4 | 5,2 | 4,7 | 3,5 | 2,3 | 1,4 | 1,3 | 1,4 | 1,4 |
| Octubre | 3,0 | 1,5 | 1,3 | 1,3 | 1,4 | 1,3 | 1,4 | 1,4 | 1,4 | 1,5 | 2,2 | 3,5 | 4,6 | 5,4 | 5,9 | 6,3 | 6,4 | 6,0 | 5,5 | 4,7 | 3,3 | 1,8 | 1,3 | 1,2 | 1,3 |
| Noviembre | 3,3 | 1,4 | 1,3 | 1,3 | 1,4 | 1,4 | 1,5 | 1,4 | 1,3 | 1,7 | 3,0 | 4,5 | 5,6 | 6,2 | 6,7 | 7,0 | 6,9 | 6,6 | 6,1 | 5,3 | 3,8 | 1,9 | 1,1 | 1,2 | 1,2 |
| Diciembre | 3,5 | 1,3 | 1,4 | 1,4 | 1,4 | 1,3 | 1,3 | 1,3 | 1,3 | 1,8 | 3,3 | 4,9 | 5,9 | 6,5 | 7,0 | 7,2 | 7,2 | 6,9 | 6,5 | 5,7 | 4,2 | 2,2 | 1,1 | 1,0 | 1,1 |

8.1.4. Recurso Freático

Las explotaciones agrícolas disponen de pozos profundos con derechos consuntivos de agua que, por lo tanto, les permiten extraer agua para riego.

Según la interpretación del análisis legal llevado a cabo por Aguasol en el marco del proyecto “Estado de desarrollo de proyectos de bombas de calor geotérmicas instalados en Chile” desarrollado por Aguasol para CIFES y el Ministerio de Energía el hecho de disponer de dichos derechos debería permitir el uso térmico siempre y cuando el proyecto tuviera una potencia inferior a 3MW, por ser este el límite inferior para el ingreso del proyecto en el Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental (SEIA).

⁶⁷ <http://walker.dgf.uchile.cl/Explorador/Solar3>

A pesar de ello, puede que existan impedimentos que son desconocidos hoy por el equipo consultor.

A nivel técnico, el acceso al recurso freático requiere únicamente disponer de puntos de extracción e inyección que eviten afectaciones importantes en el acuífero así como cortocircuitos térmicos que hagan que el agua de retorno afecte a la temperatura del agua de extracción. Para ello típicamente se trabaja con dos pozos en distintos puntos de forma que la inyección queda aguas debajo de la extracción, aunque también se puede trabajar con un único pozo y sistemas de acumulación, en un proceso tipo batch.

A efectos de consideraciones de recurso energético, se ha aproximado según:

- El recurso en caudal es ilimitado
- La temperatura del acuífero se aproxima a la temperatura ambiente media anual

Tabla 73 Temperatura de agua de red y temperatura ambiente por región. Fuente: Elaboración propia

| | T_red [°C] | T_amb [°C] |
|---------------|------------|------------|
| Atacama | 11,73 | 16,90 |
| Coquimbo | 11,71 | 15,72 |
| Valparaíso | 15,19 | 13,10 |
| Metropolitana | 13,91 | 13,75 |
| O'Higgins | 14,46 | 13,52 |
| El Maule | 13,14 | 13,11 |
| Biobío | 11,83 | 12,03 |
| Araucanía | 10,58 | 11,02 |
| Los Ríos | 10,33 | 10,57 |
| Los Lagos | 9,90 | 10,55 |

La temperatura media anual está calculada con los datos del explorador solar mientras que la temperatura de red está extraída de la norma técnica de la ley 20.365 de franquicia tributaria para colectores solares térmicos.

8.1.5. Recurso Biomasa

Los Packing procesan gran cantidad de masa vegetal, con unas “mermas en manipulación y almacenamiento en la postcosecha”, que según la FAO⁶⁸ se puede cuantificar en un 10% para América Latina, además de encontrarse en un entorno con acceso a otros residuos vegetales de otra índole o de otros orígenes. Estos residuos tienen un potencial energético importante si se tratan con biodigestión, que a su vez reduce el volumen y la carga orgánica del deshecho evitando problemas ambientales asociados a su no tratamiento.

Respecto a la capacidad de producción de energía en forma de metano en base a la biomasa disponible, se ha supuesto un valor de 369kWh/Tn, sobre lo que hay que tener en cuenta que la producción variará mucho en función del tipo de sustrato. Este valor corresponde al promedio de dos fuentes que cuantificaron este parámetro para biomasa de origen vegetal:

68 Pérdidas y desperdicio de alimentos en el mundo. ORGANIZACIÓN DE LAS NACIONES UNIDAS PARA LA ALIMENTACIÓN Y LA GRICULTURA. Roma, 2012

- Según el artículo „Producción de biogás a partir de residuos vegetales. I. Características, etapas y Limitaciones” publicado por IQ en febrero de 2016, una tonelada de residuo vegetal contiene 50m³ de CH₄, lo que corresponde a 465kWh/Tn.
- Según el estudio de IDAE, “Situación y Potencial de Generación de Biogás. Estudio Técnico PER 2011-202”, este valor es en promedio de 273kWh/Tn para el recurso disponible en España

8.2. Propuestas de Alternativas en base a Tecnologías Renovables

8.2.1. Solar Fotovoltaica

8.2.1.1. Motivación y descripción general

El fenómeno fotovoltaico es un fenómeno físico químico que aprovecha la radiación solar para generar diferencia de potencial en un material semiconductor, lo que provoca el flujo de electrones y por consiguiente energía eléctrica aprovechable.

Se plantea la instalación de energía solar fotovoltaica para cubrir la base de demanda eléctrica mediante autoconsumo, y exportando a la red los excedentes en el marco regulatorio actual de la ley de generación distribuida y a través del mercado regulado por la Ley general de servicios eléctricos a través de PMGD.

Para el caso da Packing este sistema resulta especialmente atractivo debido a varias razones:

- La mayor parte de los consumos energéticos son de electricidad (en torno a un 60-90%),
- La mayoría de bodegas de Packing que cuentan con cámaras de frío tienen estructuras robustas y amplias techumbres (Porque tienen que soportar la aislación que tiene un peso significativo, así como los equipos de clima que también tienen un peso significativo).
- Las horas de operación de los Packing son por lo general entre 8 y 19 horas, que calza con la ventana de horario en que existe oferta solar. Y a pesar de que los equipos de frío operan las 24 hrs. del día, las horas de máxima demanda energética están asociadas con la temperatura ambiente que a su vez coincide con la oferta de energía solar.

Una ventaja de la tecnología fotovoltaica es que la instalación y operación es sencilla, y esta última de bajo costo, en relación a otras tecnologías.

Físicamente las instalaciones fotovoltaicas consisten en un campo de captación y una serie de inversores-controladores (en función del tamaño de la instalación y el nivel de centralización).

Por otra parte, la radiación solar el norte de Chile en general es mayor a la de los países europeos que más potencia tienen instalada en esta tecnología (Alemania, Italia, Reino Unido, Francia, España, etc.). Este fenómeno se expande hasta la región de Los Lagos, en que la radiación promedio puede alcanzar valores de 1600 kWh/m².

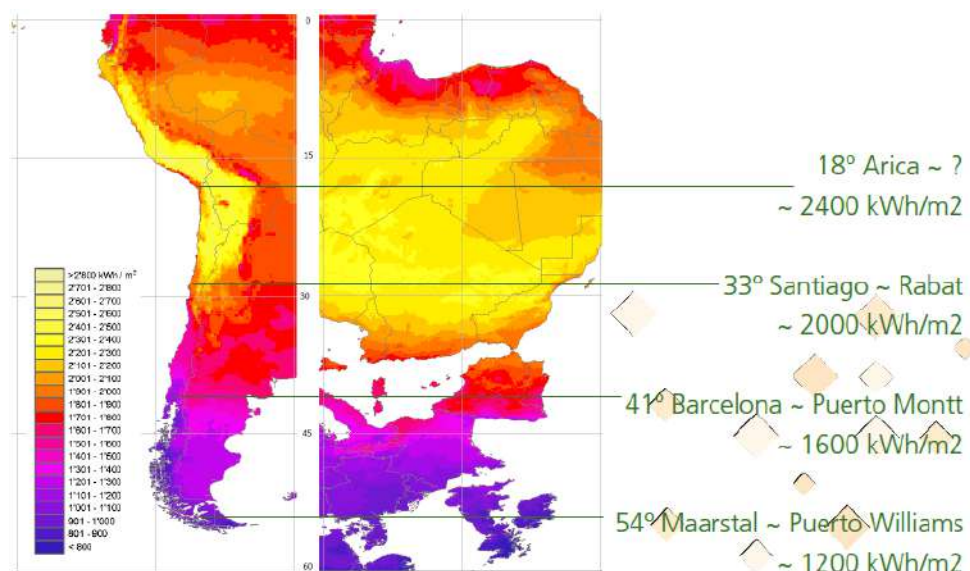


Ilustración 137 Mapa de radiación solar. Fuente: Meteonorm 7.0

8.2.1.2. Etapa del proceso dónde aplica

La energía eléctrica generada puede ser utilizada en función del punto donde se realice la conexión a la red que alimenta las operaciones, pues un Packing puede tener varios puntos de conexión y contratos diferenciados, de los que cuelguen distintos consumos, lo que afecta especialmente en dinámicas de autoconsumo.

Excepto para los sistemas acogidos a la ley 20571 o de Generación Ciudadana, el reemplazo de la energía consumida es más conveniente económicamente que la inyección/venta de la energía producida. Por esta razón, resulta conveniente que la generación PV tenga el mismo nivel de centralización que las operaciones de la planta.

Vale decir, si existen dos o más subestaciones distintas que alimentan distintos procesos, los controladores-inversores de la energía fotovoltaica deberían conectarse a esa alimentación en la misma relación de potencias para alimentar el mayor número de procesos y reemplazar al máximo posible la energía consumida.

8.2.1.3. Replicabilidad de la solución

Las instalaciones fotovoltaicas son replicables debido a que están pensadas de manera modular y se pueden adaptar muy bien a cada caso específico.

En particular para el sector del Packing, mientras estos cuenten con cámaras de refrigeración, serán un caso interesante a analizar. Luego, dependiendo del recurso solar disponible y de la estacionalidad de la demanda eléctrica, el periodo de retorno puede variar considerablemente, sobre todo cuando la tarifa de inyección difiere mucho de la tarifa de ahorro debido a que la instalación cae dentro de la definición de PMGD (mayor que 100 kW de potencia instalada).

8.2.1.4. Tiempo de implementación

El tiempo de instalación de una central SFV depende principalmente de la accesibilidad de los espacios requeridos para la instalación y del tamaño mismo de la instalación.

Los paneles por lo general son livianos y no requieren de maquinaria especializada para su movilización, salvo que el espacio tenga un acceso que imposibilite el acceso de los paneles.

En caso de que los paneles sean instalados a nivel de suelo, se requiere de un nivelamiento y de la construcción de apoyos, generalmente de concreto sobre los que apoyar la estructura metálica que orienta los paneles.

El sistema de anclajes en techumbre usualmente consiste en un sistema de rieles metálicos sobre los cuales se apoyan los paneles.

Si la elevación de la techumbre fuera poco conveniente (por ejemplo, inclinación pronunciada hacia el sur), entonces se debe implementar una estructura metálica sobre el mismo techo. Esta última solución requiere de un análisis más extensivo puesto que el peso de la estructura sobre techumbre puede incrementar considerablemente las cargas.

En comparación con las otras tecnologías, es la más rápida y fácil de instalar. Como referencia general se puede asumir un rango de entre 3 - 9 hrs / kW⁶⁹. Para proyectos por debajo de los 100kW se considera 1 mes para la tramitación y 3 meses para importación e instalación de equipos⁷⁰.

Cabe destacar que para el caso de los PMGD los tiempos necesarios para los estudios asociados pueden demorar varios meses la autorización y la puesta en marcha, especialmente si se trata de proyectos con la consideración de tener Impactos Significativos, cosa que sucede para todos los proyectos por sobre 1,5MW y según los casos también por debajo.

8.2.1.5. Nivel de intervención en proceso productivo

Para el esquema típico de instalación, esta tecnología no interviene en los procesos productivos. Esto quiere decir que no introduce cambios en las condiciones de operación de la planta.

8.2.1.6. Disponibilidad de proveedores para implementar la solución

El mercado de la energía solar fotovoltaica en Chile se encuentra en pleno auge, para proyectos de pequeña, mediana y gran escala⁷¹. La SES recoge los instaladores que han presentado el TE4 en el marco de la Ley 20571⁷² y según la web de mercado solar⁷³, es el mercado con mayor cantidad de actores existentes.

⁶⁹ <http://energyinformative.org/solar-panels-installation-time>

⁷⁰ Fuente: Programa Techos Solares Ministerio de Energía

⁷¹ <http://biblioteca.cchc.cl/datafiles/29669-2.pdf> y <http://www.revistaei.cl/2015/07/20/el-boom-de-la-energia-solar-casi-us13-000-millones-en-carpeta/>

⁷² http://www.sec.cl/portal/page?_pageid=33,6169736,33_6169738&_dad=portal&_schema=PORTAL

⁷³ <http://www.mercadosolar.cl/>

| Directorio Empresas | | Añadir Empresa | |
|------------------------------------|----|-----------------------------------|----|
| Asesor/Consultor | 21 | Asociación | 3 |
| Biocombustibles | 1 | Biomasa | 9 |
| Concentración Generación Eléctrica | 0 | Concentración producción de calor | 0 |
| Desarrollador | 33 | Distribuidores | 9 |
| Eólica | 23 | EPC | 5 |
| Fabricante | 15 | Financiamiento | 2 |
| Geotermia | 0 | Hidroelectricidad | 11 |
| Ingeniería | 34 | Instaladores | 22 |
| Inversionistas | 5 | Térmico | 12 |
| | | Auditoría | 7 |
| | | Capacitación | 1 |
| | | Construcción/Montaje | 25 |
| | | Eficiencia Energética | 7 |
| | | Estudios Jurídicos | 1 |
| | | fotovoltaica | 50 |
| | | Importador | 7 |
| | | Insumos | 8 |
| | | Venta | 12 |

Ilustración 138. Directorio empresas Fuente: mercadosolar.cl

8.2.1.7. *Requerimientos de capacitación del personal para mantención y operación de los equipos*

Esta tecnología requiere una capacitación relativamente simple para su operación (en relación de otras tecnologías). En lo referente a la mantención ésta debe ser realizada por un profesional certificado, a pesar que las operaciones más comunes son poco exigentes, como por ejemplo la limpieza de los captadores para mantener la garantía y buen funcionamiento del sistema.

Para más información existe información detallada sobre esta cuestión en el Programa de Techos Solares⁷⁴ y existe una Guía de Operación y Mantenimiento de Sistemas Fotovoltaicos⁷⁵, editada por el Ministerio de Energía

8.2.2. Mini hidráulica

8.2.2.1. *Motivación y descripción general*

La tecnología de generación eléctrica a partir de energía hidráulica es aquella que mediante turbinas hidráulicas transforma la energía cinética disponible de un flujo líquido en energía eléctrica.

Por una instalación mini hidráulica se entiende cualquier instalación de menos de 10 MW de potencia instalada.

Se plantea la instalación de centrales hidráulicas en un modelo similar al fotovoltaico, es decir, para el reemplazo de la energía consumida en procesos y la inyección del excedente a la red eléctrica.

En presencia del recurso adecuado, la energía hidráulica puede ofrecer un factor de planta superior al de la energía fotovoltaica y al de la energía eólica.

⁷⁴ <http://www.minenergia.cl/techossolares/>

⁷⁵ http://www.minenergia.cl/archivos_bajar/ucm/publicaciones/Guia_Operacion_Mantenimiento.pdf

La factibilidad técnica de esta tecnología está fuertemente arraigada a la disponibilidad del recurso hídrico. Sin embargo, para este estudio, se ha supuesto la existencia de dicho recurso con un perfil de caudal basado en la estadística regional.

Si bien su costo de inversión es superior, su vida útil también es mayor y por tener un factor de planta más alto ofrece mejores ahorros por reducción de potencia eléctrica.

En relación al ciclo anual, los afluentes de origen nival tienen mayor potencial debido a que su régimen de caudal aumenta cuando las temperaturas son máximas, lo que coincide con las demandas máximas de frío.

8.2.2.2. Etapa del proceso donde aplica

La energía eléctrica generada puede ser utilizada en función del punto donde se realice la conexión a la red que alimenta las operaciones, pues un Packing puede tener varios puntos de conexión y contratos diferenciados, de los que cuelguen distintos consumos, lo que afecta especialmente en dinámicas de autoconsumo.

Excepto para los sistemas acogidos a la ley 20571 o de Generación Ciudadana, el reemplazo de la energía consumida es más conveniente económicamente que la inyección/venta de la energía producida. Por esta razón, resulta conveniente que la generación PV tenga el mismo nivel de centralización que las operaciones de la planta.

Vale decir, si existen dos o más subestaciones distintas que alimentan distintos procesos, los controladores-inversores de la energía fotovoltaica deberían conectarse a esa alimentación en la misma relación de potencias para alimentar el mayor número de procesos y reemplazar al máximo posible la energía consumida.

8.2.2.3. Replicabilidad de la solución

Esta solución es replicable en la medida que la demanda de electricidad así lo permita (es más interesante con packings que tengan sistemas de refrigeración) y que exista la fuente natural disponible para tales efectos.

Si bien existen turbinas para una amplia gama de potencias (desde muy pequeñas hasta muy grandes), la economía de escala justifica instalaciones más grandes, así como también los costos de conexión a la red.

8.2.2.4. Tiempo de implementación

En relación a otras tecnologías, esta solución por lo general requiere de obras civiles mayor envergadura, como la construcción de una sala de operaciones de turbinas y la canalización del recurso en caso de que no la haya.

Por otro lado, el tiempo de transporte de las turbinas suele ser bastante extenso pues lo más común es que se encarguen por vía marítima del extranjero o que se manden a fabricar.

A su vez, por depender de un recurso tan local, se recomienda realizar por lo menos un año de mediciones en la fuente para corroborar el desempeño económico que podría tener la inversión.

Si bien depende de la cantidad de obras civiles que haya que hacer, es altamente probable que sea el tipo de intervención con mayor tiempo de implementación.

8.2.2.5. Nivel de intervención en proceso productivo

Para el esquema típico de instalación que controla la inyección y la demanda de energía eléctrica, esta tecnología no interviene en los procesos productivos. Esto quiere decir que no introduce cambios en las condiciones de operación de la planta.

8.2.2.6. Disponibilidad de proveedores para implementar la solución

El mercado hidráulico en Chile posiblemente es el que tenga más tiempo en funcionamiento. Esto quiere decir que existe una infraestructura técnica con experiencia, tanto en proveedores, como instaladoras y servicios post-venta.

Si bien existen fabricantes nacionales de turbinas para centrales mini hidro⁷⁶ (como semihidro⁷⁷ o Turbinas Mancini⁷⁸), la gran mayoría de los proyectos son provistos por el mercado internacional.

8.2.2.7. Requerimientos de capacitación del personal para mantención y operación de los equipos

La mantención y operación de un sistema de generación hidráulico requiere de personal especializado, ya sea dedicado a la explotación de la planta, así como el perteneciente al proveedor de la tecnología

También se recomienda la mantención de la red hidráulica que alimenta las turbinas así como de las turbinas mismas. Esta última labor, requiere de un experto en sistemas mecánicos con especialización en turbinas hidráulicas, ya sea si la prevención es correctiva, para fallas en los sistemas, o para mantenimientos mayores.

8.2.3. Mini eólica

8.2.3.1. Motivación y descripción general

Un sistema eólico consiste en una turbina que transforma la energía cinética del viento en una diferencia de potencial y por consiguiente en flujo eléctrico.

Las turbinas eólicas comúnmente utilizadas corresponden a las de eje horizontal.

La factibilidad técnica de esta tecnología se relaciona directamente al recurso eólico disponible, usualmente expresado como un perfil de vientos a una determinada altura, en ciclo diario-anual, horario y/o como perfil estadístico de frecuencia (curva de Weibull).

A diferencia del recurso hídrico, el recurso eólico presenta un perfil de oferta energética más discontinuo a lo largo de un periodo temporal más corto, con una variación levemente menor durante las estaciones del año.

Una caracterización temporal posible de los vientos puede encontrarse en [los Estudios de Potencial ERNC del Ministerio de Energía](#)⁷⁹. En este perfil, para la zona central y austral se puede verificar que el factor de planta estimado es superior para los meses de invierno, y en un periodo más bien nocturno (19-23 hrs).

⁷⁶ Minihipero se considera hasta 10 MW de potencia instalada

⁷⁷ <http://www.semihidrochile.cl/>

⁷⁸ http://turbinasmancini.cl/product_03.php

⁷⁹ http://www.minenergia.cl/archivos_bajar/Estudios/Potencial_ER_en_Chile_AC.pdf

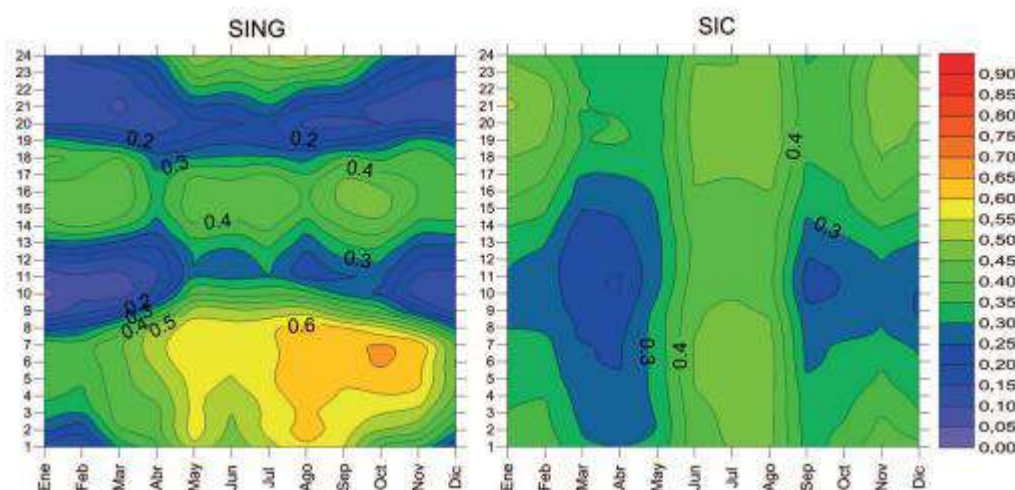


Ilustración 139. Factor de potencia para meses y horas del año, para el SING y el SIC. Fuente: [Estudios de Potencial ERNC del Ministerio de Energía.](#)

Esto quiere decir que es más complejo estimar el nivel de acoplamiento entre la demanda y la oferta energética y por ende el nivel de energía reemplazada vs energía inyectada, sin embargo, la estadística dice que durante un ciclo-anual su factor de planta es confiable.

En el siguiente gráfico se puede verificar que la variación en la velocidad promedio y el factor de planta año a año, no alcanza variaciones superiores al 6% con respecto de la línea central.

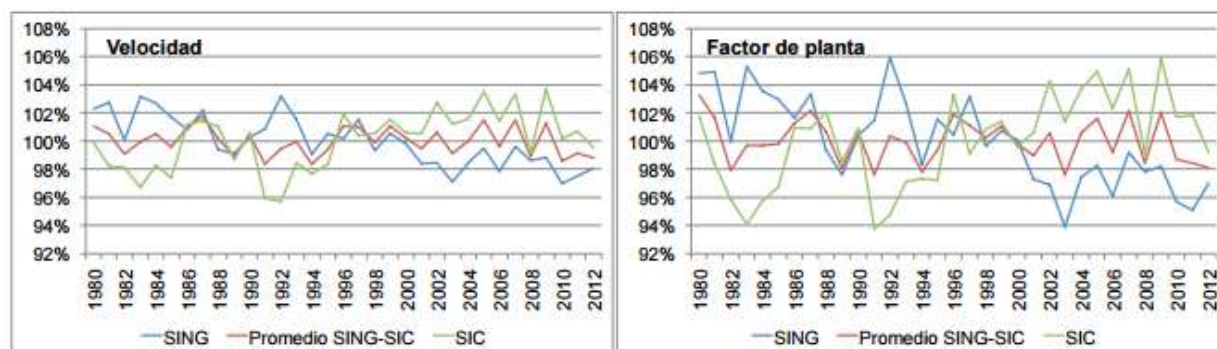


Ilustración 140. Curvas de variación de velocidad promedio del viento y factor de planta anual. Fuente: [Estudios de Potencial ERNC del Ministerio de Energía.](#)

Las instalaciones generalmente se diseñan para una vida útil de 20 años, sin embargo, existen planes de extensión de la vida útil de los campos eólicos, en que se pueden alcanzar horizontes de 25 años.

Otro factor a tener en consideración es la extensión de terreno que se requiere para hacer estas instalaciones.

Mientras más altas las turbinas, mayor la distancia que tiene que existir entre turbinas. Se aconseja localizar las turbinas entre 3 y 10 diámetros de rotor (dependiendo de la dirección del viento), pero esto quiere decir que para una turbina de 50 kW cuyo rotor mide unos 20 metros de diámetro, se necesitan entre 60-200 metros lineales, que puede significar en torno a 1.200 metros cuadrados de superficie libre para aprovechar de la mejor manera el recurso.

Para el caso particular de los Packings, esta tecnología puede resultar atractiva en función de la localización de las plantas. Si la planta tiene un buen recurso eólico y además tiene el espacio adecuado para hacer una instalación entonces la relación entre costos de inversión y

energía reemplazada/inyectada puede ser la más conveniente de las soluciones acá propuestas.

8.2.3.2. *Etapas del proceso dónde aplica*

Al igual que las otras tecnologías de generación eléctrica, los procesos que alimenta esta tecnología dependen del punto de conexión. Si el nivel de centralización de la generación es el mismo que el de la demanda, entonces todos los procesos de consumo eléctrico podrían ser alimentados.

8.2.3.3. *Replicabilidad de la solución*

Esta solución es replicable en la medida que la demanda de electricidad así lo permita (es más interesante con packings que tengan sistemas de refrigeración) y que exista la fuente natural disponible para tales efectos.

Si bien existen turbinas para una amplia gama de potencias (desde muy pequeñas hasta muy grandes), la economía de escala justifica instalaciones más grandes, así como también los costos de conexión a la red.

8.2.3.4. *Tiempo de implementación*

Las turbinas eólicas usualmente se instalan sobre una base de concreto que requiere un emparejamiento del terreno. El tamaño de la base dependerá en gran medida del tamaño de la turbina.

Además de dicha base, las turbinas no requieren de obras civiles adicionales.

A su vez, por depender de un recurso local, se recomienda realizar por lo menos un año de mediciones en la fuente para corroborar el desempeño económico que podría tener la inversión.

El mayor tiempo de implementación de estos proyectos es probablemente el transporte de las turbinas. En Chile no se fabrican este tipo de turbinas por ende tienen que ser importadas del extranjero. Y en general, no se maneja stock de turbinas, salvo que sean más bien pequeñas por ende, pueden tardar más de un mes en arribar a la obra.

8.2.3.5. *Nivel de intervención en proceso productivo*

Para el esquema típico de instalación que controla la inyección y la demanda de energía eléctrica, esta tecnología no interviene en los procesos productivos. Esto quiere decir que no introduce cambios en las condiciones de operación de la planta.

8.2.3.6. *Disponibilidad de proveedores para implementar la solución*

Según la web de mercadosolar⁸⁰ este tipo de tecnología cuenta con el segundo mayor número de proveedores de tecnología y servicios, después de la tecnología fotovoltaica.

No existen fabricantes nacionales, por ende, todas las turbinas son provistas por el mercado internacional.

⁸⁰ <http://www.mercadosolar.cl/>

8.2.3.7. Requerimientos de capacitación del personal para mantención y operación de los equipos

Las turbinas poseen un sistema automático que las orienta y pliega en caso de ser necesario, por lo tanto la operación no requiere de asistencia humana

Por otra parte, es recomendable que para hacer la mantención de estos equipos se debe contratar un técnico o profesional calificado y certificado debido a que los elementos mecánicos que conforman la turbina son más complejos y sensibles que los de una turbina hidráulica, y por el riesgo que acarrea hacer la mantención.

Las empresas distribuidoras de servicios de instalación – distribución deberían prestar servicio técnico de mantención

8.2.4. Solar Térmica

8.2.4.1. Motivación y descripción general

El recurso solar es uno de los principales activos renovables de Chile, por lo que deben ser tomadas en cuenta todas aquellas tecnologías que busquen su aprovechamiento.

Un sistema solar térmico consta del campo de captadores y de un acumulador propio que le permite gestionar su operación, gracias a su conexión en serie con el sistema convencional, consiguiendo ahorros en el consumo de combustible para la producción de calor.

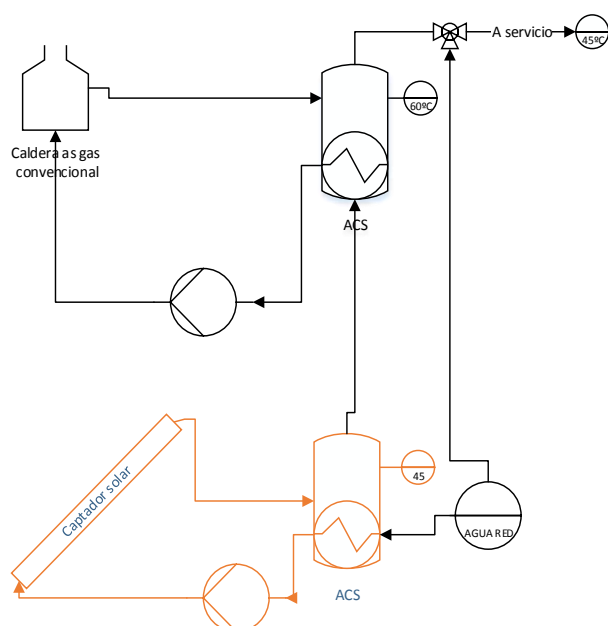


Ilustración 141. Esquema básico de integración de energía solar térmica. Fuente: Elaboración propia.

La tecnología solar térmica de baja temperatura, casa - con las demandas de limpieza y agua caliente sanitaria caracterizadas en la demanda de los Packing en lo que a nivel térmico se refiere, por ser procesos de ciclo abierto que toman agua de red y requieren de su elevación hasta niveles de 45°C a 60°C, rangos en los que esta tecnología trabaja adecuadamente. Aun así, la tecnología solar térmica requiere del máximo de horas de operaciones anuales posibles para su amortización, como la mayoría de las tecnologías renovables, y la estacionalidad de algunos Packing puede ser un importante impedimento para su viabilidad.

De forma complementaria a la energía solar térmica, pueden integrarse otras tecnologías como la cogeneración o la recuperación de calor de ciclos frigoríficos, que pueden aportar energía a la demanda de calor de baja temperatura como un subproducto de muy bajo costo.

8.2.4.2. Etapa del proceso donde aplica

Los sistemas solares térmicos aportarían calor a los procesos de limpieza de fruta y requerimientos de agua caliente sanitaria de los Packing.

8.2.4.3. Replicabilidad de la solución

Todos los Packing tienen requerimientos de agua caliente. Dado que sus requerimientos de espacio son mínimos, dadas las bajas demandas de calor, y que se puede ubicar en cubierta o en suelo, se considera que es una medida de alta replicabilidad.

8.2.4.4. Tiempo de implementación

La instalación de un sistema solar térmico de tamaño mediano pequeño, puede requerir de una a 4 semanas

8.2.4.5. Nivel de intervención en proceso productivo

El nivel de intervención en operación es nulo, pues el sistema inyecta calor aguas arriba del sistema de generación convencional y en caso de fallo, éste cumple con el suministro de calor.

El nivel de afectación en instalación, se limita a los trabajos de conexión que interrumpen suministro de agua caliente no más de dos horas por lo general.

8.2.4.6. Disponibilidad de proveedores para implementar la solución

El sector solar térmico es uno de los más consolidados en lo que a ERNC se refiere en Chile, contando incluso con una asociación gremial, ACESOL, que suma hoy más de 50 asociados. Gracias en gran medida a la existencia de la Franquicia Tributaria, existen actores para el conjunto de la cadena de valor en prácticamente todo el país.

8.2.4.7. Requerimientos de capacitación del personal para mantención y operación de los equipos

Los requerimientos de capacitación del personal para mantención y operación de los sistemas solares térmicos no son muy diferentes de la formación necesaria de un mantenedor gasfiter, que sería la formación general en gasfitería, además de formación específica en energía solar térmica, disponible en el mercado.

8.2.5. Cogeneración con Biodigestión

8.2.5.1. Motivación y descripción general

Los Packing procesan gran cantidad de masa vegetal, con unas mermas estimadas sólo en procesado del 10%, además de encontrarse en un entorno con acceso a otros residuos vegetales de otra índole o de otros orígenes. Estos residuos tienen un potencial energético importante si se tratan con biodigestión, que a su vez reduce el volumen y la carga orgánica del

deshecho evitando problemas ambientales asociados a su no tratamiento. Por ello se considera interesante plantear la posibilidad de su valorización energética.

Por otra parte, tal como se ha visto en la caracterización energética de la demanda de los Packing, éstos demandan principalmente electricidad para la producción de frío, con lo que parece interesante plantear opciones que puedan llevar a la producción de electricidad o de frío.

El biogás, compuesto principalmente por metano (CH₄ 55% a 70%) y dióxido de carbono (CO₂ 30% a 45%)⁸¹ es un combustible gaseoso que permite su uso en quemadores, motores y turbinas, para la generación de calor o energía mecánica. Su producción en biodigestores requiere del aporte de calor para mejorar el rendimiento de la actividad bacteriana, auto consumiendo entre un 30% y un 50% del calor útil generado.

Las opciones de uso son pues:

- Su uso en quemadores para el calentamiento de aire
- Su uso en calderas para el propio calentamiento y para su uso como agua de proceso o ACS
- Su uso en un dispositivo de cogeneración para generar electricidad y calor de una vez, para autoconsumo térmico, consumos eléctricos o exportación, y el posible uso para agua de proceso o ACS.

Si partimos del enfoque al ahorro en frío, se plantean dos opciones:

- Cogenerar y usar la electricidad para alimentar consumos eléctricos, incluyendo el frío.
- Trigenerar, lo que representa usar el calor residual de la cogeneración para producir frío mediante una máquina de absorción.

Se ha optado por descartar la trigeneración por varios aspectos:

- Los sistemas de frío de los packing funcionan generalmente directamente con evaporadores de refrigerante en las salas a enfriar, mientras que las máquinas de absorción producen agua o agua glicolada fría, para aplicaciones de frío negativo, lo que hace que su integración requiera de equipos de emisión extras a los existente y por lo tanto a intervenir dentro de las cámaras de frío.
- Las máquinas de absorción para usos bajo cero tienen rendimientos muy bajos, típicamente entre 0,7 y 0,9, por lo que el rendimiento de producción de frío útil respecto al biogás disponible termina siendo mucho más bajo que si se valoriza a través de la electricidad y un ciclo de compresión al uso.
- Estas máquinas tienen además un costo muy elevado, lo que hace difícil su amortización, especialmente cuando la alternativa es usar un equipo amortizado, como los equipos de frío existentes
- Para los rangos de potencias identificados para los Packing tipo en el proyecto, dado el autoconsumo de calor del biodigestor, el calor residual disponible es pequeño y puede cubrir las demandas de agua caliente, lo que no justifica invertir en un nuevo dispositivo.

Esta elección condiciona también la del dispositivo de cogeneración. Dado que se opta por producir el máximo de electricidad posible para su uso en autoconsumo eléctrico y que no es deseable que haya excedente térmico, contando además que la electricidad tiene un costo mayor que los combustibles, se opta por trabajar con un motor en lugar de una turbina. Los primeros tienen rendimientos eléctricos de entre 30% y 50% según el tamaño y la tecnología, mientras que las turbinas de gas rondan el 25%.

⁸¹ <http://www.fao.org/docrep/019/as400s/as400s.pdf>

Así pues la solución propuesta es la que se muestra en la ilustración siguiente: un digestor de biogás acoplado a un motor de cogeneración que produce electricidad para autoconsumo y calor para autoconsumo del biodigestor, así como para otros usos térmicos de calor de la planta.

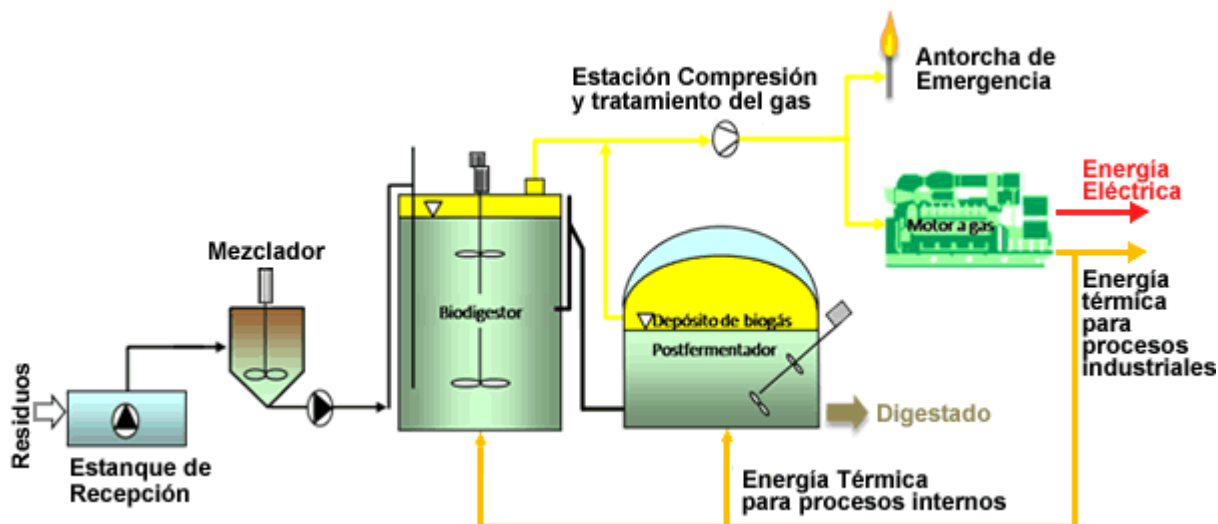


Ilustración 142. Diagrama resumen de proceso de cogeneración con biogás (Copyright 2010 2015 Genera 4 S.A.)

8.2.5.2. Etapa del proceso dónde aplica

La electricidad generada se incorpora a la red interior y por lo tanto no afecta al proceso y se distribuye según demanda. En el caso de existir varios sistemas o acometidas, se debe optar por una opción de conexión que permita el mayor autoconsumo posible. La electricidad sobrante se debe inyectar a la red en el régimen que corresponda según potencia y legislación vigente.

El calor residual se incorpora al sistema de producción de agua caliente, mediante un intercambiador de calor que debe conectarse al acumulador en paralelo a la caldera, pero tomando el retorno de la parte baja del mismo para evitar retornos calientes que no refrigeraran suficientemente el motor.

8.2.5.3. Replicabilidad de la solución

La medida debería ser replicable en tanto en cuanto los consumos y el recurso renovable son existentes, mas requiere de disponibilidad de espacio para la construcción del biodigestor y la infraestructura para la recogida y tratamiento del residuo.

Con respecto al residuo, el volumen específico considerado respecto a la producción del Packing, supera con creces lo necesario para cubrir la demanda térmica a través de un proceso de cogeneración, de lo que se concluye que el recurso no es en ningún caso un factor limitante.

8.2.5.4. Tiempo de implementación

No se disponen de datos, pero el requerimiento de obra civil y la importación de motores y otros dispositivos, sugieren no estimar tiempos inferiores a un año entre el diseño y la puesta en marcha del sistema.

8.2.5.5. *Nivel de intervención en proceso productivo*

Esta solución no interviene el proceso productivo, por conectarse eléctricamente por una parte y térmicamente al sistema de producción de agua caliente.

El nivel de afectación en instalación, se limita a los trabajos de conexión que interrumpen suministro de agua caliente no más de dos horas por lo general.

8.2.5.6. *Disponibilidad de proveedores para implementar la solución*

Se considera que existe en Chile experiencia y capacidades para la construcción de biodigestores, así como para la implantación de plantas de cogeneración y micro cogeneración como las propuestas, tal como se puede ver por ejemplo en la “Guía de Planificación para proyectos de Biogás en Chile” publicada por el Ministerio de Energía y la GIZ ya en 2012 y lo mismo indica la existencia de empresas como Genera Austral o Schwager

8.2.5.7. *Requerimientos de capacitación del personal para mantención y operación de los equipos*

La operación de los digestores así como de los equipos de cogeneración requiere de capacitación específica de los técnicos a cargo.

8.2.6. **Climatización con agua freática**

8.2.6.1. *Motivación y descripción general*

La climatización con agua freática parte la necesidad de hacer más eficientes los ciclos de enfriamiento convencionales de las cámaras frigoríficas sin una transformación completa de los sistemas de generación.

Los ciclos de enfriamiento convencionales están compuestos por los mismos equipos que los ciclos de enfriamiento con aguas freáticas: compresor, condensador, válvula de expansión y evaporador. La diferencia entre ellos reside en las condiciones en las que hacemos operar estos sistemas. Si bien en un sistema de enfriamiento convencional, la fuente externa con la que intercambia calor el condensador, el aire, está sobre los 30°C, un sistema de enfriamiento con aguas freáticas, la fuente externa, el agua del subsuelo, está sobre los 5 - 15°C.

Esta diferencia redundará en las condiciones de operación de todo el ciclo termodinámico, modificando bien temperaturas o presiones, bien entalpías, resultando en diferentes balances energéticos y rendimientos (COP) del sistema.

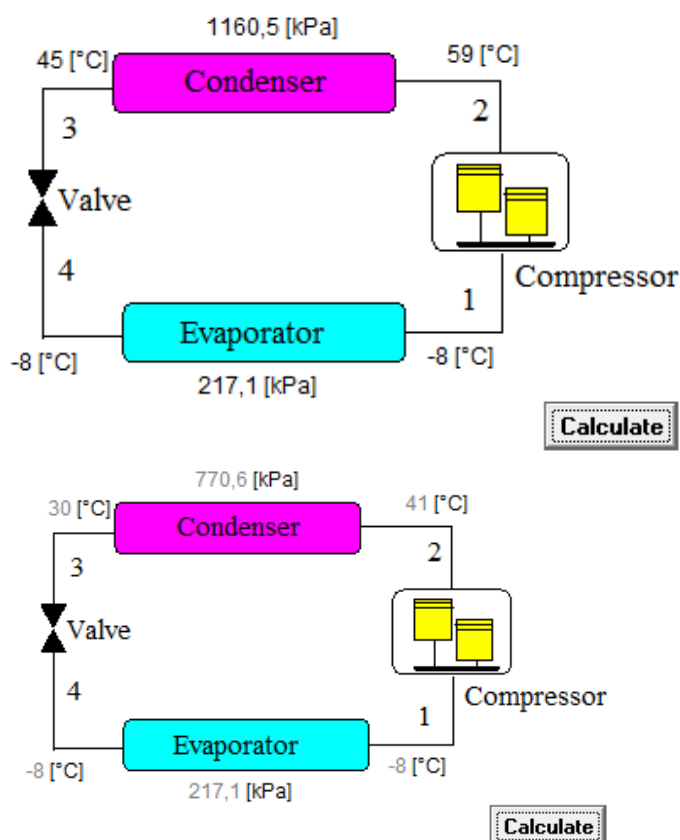


Ilustración 143. Diagramas de puntos de operación de la maquina frigorífica en EES⁸²

Por ejemplo, un ciclo de enfriamiento convencional de R134a con una temperatura de evaporación de -8°C (para una sala a 1°C) y con una temperatura de condensación de 45°C, requiere de un compresor que trabajará entre 2.1 y 11.6 bar mientras que un ciclo de enfriamiento con aguas freáticas para la misma cámara frigorífica (y para la misma potencia de enfriamiento) que trabaje con una temperatura de condensación de 30°C, requiere de un compresor que trabajará entre 2.1 y 7.7 bar. Esto lleva a que el consumo del compresor pase de 43.69 kJ/kg a 32.87 kJ/kg, incrementado el COP de 2.5 a 3.9, para este ejemplo. La intervención de climatización con agua freática pasa por:

5. Modificación del condensador por aire por un condensador por agua, esto es un intercambiador agua freática-refrigerante y los accesorios hidráulicos correspondientes.
6. Modificación del punto de consigna del compresor/es para ajustarlo al nuevo punto de trabajo.
7. Modificación del ajuste de la válvula de expansión.
8. Rellenado con fluido refrigerante.

Otra forma de hacer más eficientes los ciclos de enfriamiento convencionales, cuando la modificación del punto de funcionamiento del ciclo no es posible (por limitaciones de los equipos) o no es económicamente viable (por excesiva descentralización de los equipos del ciclo), es mediante la introducción de una etapa de recuperación de calor previa al condensador, pero ello no es en general compatible con esta intervención dado que la temperatura del refrigerante a la salida del compresor es demasiado baja.

⁸² <http://www.fchart.com/ees/>

8.2.6.2. *Etapas del proceso donde aplica*

El proceso donde se aplica esta mejora es en los equipos de generación de frío de la cámara frigorífica, quedando aislado del proceso productivo en sí, el cual no se interviene.

8.2.6.3. *Replicabilidad de la solución*

La solución es altamente replicable, siempre que se tenga las fuentes y derechos de aguas necesarias, si bien existen limitaciones propias de los equipos que constituyen los ciclos termodinámicos como son:

- Número y capacidad de regulación del setpoint de los compresores.
- Número y capacidad de regulación de la válvula de expansión.
- Propiedades del fluido refrigerante existente.

En función del número de equipos a ajustar y de las capacidades de los mismos de ser ajustados la implementación de enfriamiento mediante agua freática puede ser más o menos compleja.

8.2.6.4. *Tiempo de implementación*

El tiempo de implementación de la solución puede variar según el tamaño de la planta frigorífica, pero sobretodo, de la complejidad de la misma y del grado de ajuste de los equipos, entre unos pocos días y dos semanas.

8.2.6.5. *Nivel de intervención en proceso productivo*

El nivel de intervención se centra en los equipos de generación de frío de la cámara, la cual mantiene sus condiciones de operación y por consiguiente no afecta al proceso productivo.

8.2.6.6. *Disponibilidad de proveedores para implementar la solución*

Para la implementación de esta solución se requiere de un instalador de plantas frigoríficas que pueda realizar las modificaciones y ajustes necesarios además de la implicación del proveedor de compresores y válvulas de expansión existentes que nos puedan proporcionar información de la capacidad de modulación de los mismos.

8.2.6.7. *Requerimientos de capacitación del personal para mantención y operación de los equipos*

El ciclo frigorífico con agua freática no comporta ninguna capacitación adicional para mantención y/o operación de los equipos.

8.3. **Modelos de negocio y marco legal**

La viabilidad de implementación de ENRC depende mucho del modelo de negocio planteado, así como de ciertos marcos legales y por lo tanto ello afecta en gran medida a los cálculos de rendimiento financiero y a los planteamientos plausibles.

Estas consideraciones de índole no técnica afectan en las dos dimensiones planteadas en el título. El modelo de negocio se refiere a quién invierte, cómo lo hace y cómo lo financia. El marco legal condiciona las posibilidades de integración de la tecnología, su necesidad de acoplarse a los procesos y los niveles de ahorro o retribución,

8.3.1. Definiciones

A modo de marco, se deben clarificar los siguientes aspectos:

- Las **ENRC eléctricas** no tienen afectación sobre los procesos pero están condicionadas a marcos legales estrictos por su relación con la red eléctrica
- Las **ENRC térmicas** presentan las características opuestas a las anteriores
- **Autoconsumo**: Consumir internamente la energía producida, sea térmica o eléctrica, sin relación con elementos o sistemas exteriores al Packing
- **Ley 20.571⁸³ o de Generación Ciudadana**. Constituye un marco regulatorio que permite conectar instalaciones de ENRC y cogeneración de alta eficiencia a la red eléctrica para verter los excedentes de producción eléctrica no autoconsumida, a cambio de una remuneración económica relacionada con la tarifa de compra. Aplica a sistemas de hasta 100kWe.
- **PMGD⁸⁴** Pequeños Medios de Generación Distribuida, constituye otro marco regulatorio para sistemas por encima de los 100kWe y hasta los 9MWe. Bajo este marco se pueden configurar estructuras de inyección a red como en el caso anterior, pero con otros requerimientos técnicos y legales y otros niveles de retribución de la energía producida
- **ESCO⁸⁵** Empresa de Servicios Energéticos, empresa especializada en energía que destaca por disponer de la capacidad de financiar a través de fondos o endeudamiento, operaciones energéticas de terceros a cambio de ahorros o de venta de energía útil.
- Entendemos por **Financiación de Proyecto** el uso de productos financieros para financiar una operación, sean cuales sean las garantías para ello.

8.3.2. Configuraciones

En base a lo anterior las operaciones ENRC, así como las de ahorro energético, se pueden configurar según la matriz siguiente, en la que todas las combinaciones son viables, pero se indican en verde las más adecuadas y en naranja las que pueden suponer más complicaciones o con mayores limitaciones.

Tabla 74. Configuraciones de financiación y uso de la energía. Fuente: Elaboración propia

| | | Uso de la energía | | |
|----------------|---------------------|-------------------|------------|------|
| | | autoconsumo | Ley 20.571 | PMGD |
| Financiamiento | Fondos propios | | | |
| | Financiación propia | | | |
| | ESCO | | | |

Un factor de gran importancia en la configuración de la operación es el nivel de inversión de la misma. Así para pequeñas operaciones no es difícil acometerlas con fondos propios o

⁸³ http://www.sec.cl/portal/page?_pageid=33,5819695&_dad=portal&_schema=PORTAL

⁸⁴ http://www.sec.cl/portal/page?_pageid=33,6097709&_dad=portal&_schema=PORTAL

⁸⁵ <http://www.anescochile.cl/esco/>

endeudamiento propio, mientras que hacerlo con una ESCO es poco viable pues requieren de un tamaño mínimo de inversión que justifique tanto los procesos de comercialización como los protocolos de seguimiento de la operación. Orientativamente podríamos fijar sobre los 300MMCLP el nivel de inversión mínimo para que una ESCO pueda movilizarse por una operación. Para grandes inversiones, usar fondos propios acostumbra a ser muy poco recomendable desde un punto de vista financiero y es fácil lograr que una ESCO se interese. Lograr financiamiento dependerá siempre de las garantías del actor en cuestión sobre el mismo.

A nivel técnico o de uso de la energía, se configuran las tres alternativas planteadas, en la que el autoconsumo incluye tanto tecnologías térmicas como eléctricas, mientras que los otros, Generación Ciudadana y PMGD, dos se refieren estrictamente a ERNC eléctricas.

El **autoconsumo** puro tiene una importante limitación con gran afectación sobre la rentabilidad. Este es la necesidad de coincidencia de producción y demanda y la consiguiente pérdida de aprovechamiento cuando ésta no se da. Para el caso del packing y otros sectores agrícolas afectados por la estacionalidad, incluso con varios meses si casi actividad, este representa en realidad un gran inconveniente que llega a inviabilizar las propuestas. Este fenómeno conduce al dimensionado de sistemas con un aporte porcentual respecto a la demanda muy pequeño, que garantice el máximo aprovechamiento de la inversión. Por otra parte, cabe destacar desde un punto de vista de ahorro económico unitario, el autoconsumo es siempre el más conveniente porque evita la compra de la energía, siempre con el costo más alto, y en el caso térmico su inyección tras la transformación permite ahorrar incluso el rendimiento de la caldera.

La inyección de los excedentes a la red mediante el esquema regulado por la ley de **Generación Ciudadana** permite gozar de las ventajas del autoconsumo pero a su vez valorizar lo generado en horario o temporada no coincidente con la demanda. Para el caso industrial que nos ocupa, además, la tarifa de inyección es prácticamente idéntica a la de compra, con lo que los resultados económicos son los mismos que si se lograra autoconsumir toda la energía generada. La principal limitación de este marco es la potencia, que está acotada a 100kWe, nivel que la mayoría de packings del país superarían con gran holgura, y en el que los costos unitarios son todavía poco competitivos con los que podría corresponder a los niveles óptimos de esta industria.

Esta limitación de potencia, para llegar a los valores cercanos al MW que se encuentran con normalidad la capacidad de evacuación de los Packing de mayor tamaño, se puede salvar cambiando de esquema y entrando en los mencionados **PMGD**, que aplica hasta los 9MW. Este esquema permite vender los excedentes a un precio razonable, aunque más bajo que el precio de compra, lo que tiende a viabilizar los ingresos, pero presenta unos costos de estudios y requerimientos extra que encarecen mucho la inversión, con un impacto que puede llegar a inviabilizar operaciones de pequeña potencia, poco por encima de los 100kWe (véase 12.1 Desarrollo funciones de costos PMGD)

8.4. Caracterización y modelización de las Tecnologías Renovables

8.4.1. Descripción metodológica

Como se explica en el informe anterior, el modelo de demanda energética está construido de forma horaria en base a las características de la bodega de Packing.

En contraparte, todos los modelos de generación energética, salvo el de la energía solar térmica están contruidos también de forma horaria.

Esto permite hacer un análisis más intensivo de la energía reemplazada y la energía inyectada.

Para las horas en que se produce más energía eléctrica de la que se consume, el excedente es completamente inyectado a la red, con una tarifa dependiente de la potencia instalada (PMGD o Ley de generación distribuida).

Para las horas en que la producción energética es más baja, entonces se reemplaza la fracción correspondiente de energía consumida desde la red (a partir de los perfiles horarios generados para la unidad productiva simulada).

Para las horas en que existe consumo de combustible diésel, se calcula el combustible ahorrado durante esa ventana de tiempo en función de la electricidad generada y la eficiencia de los grupos electrógenos (supuesta en un 30%).

La cantidad de energía suministrada (y por ende consumida) por los grupos electrógenos se puede calcular en base a los perfiles horarios de demanda eléctrica y corresponde a los consumos existentes en la ventana de tarifa eléctrica punta.

El ahorro económico generado en base al ahorro de combustible diésel puede verse afectado por la reducción de la eficiencia de generación del grupo electrógeno debido a su operación en carga parcial.

Para validar el impacto del fenómeno, se utilizó una bodega en la sexta región con una producción anual de 25 millones de toneladas, estacionalidad de otoño-invierno y con instalaciones de 1,5 MWe de potencia. Este es un caso favorable para todas las tecnologías, en el cuál el efecto se puede apreciar con mayor facilidad.

Se realizaron dos casos extremos, uno con la eficiencia de generación al 30% y uno al 15%, para evaluar la máxima variación posible.

Esta variación en la eficiencia hace que el consumo de diésel incremente y por ende el ahorro sea mayor. Este es el efecto contrario al que se desea evaluar, puesto que la disminución de la eficiencia debido al uso de carga parcial (debido a la generación eléctrica por fuentes renovables) hace que el ahorro neto final de diésel sea menor, sin embargo, este análisis sirve para validar la sensibilidad de la eficiencia sobre el rendimiento económico, y funciona en la misma proporcionalidad que el caso inverso.

El impacto se puede verificar en la siguiente tabla.

Tabla 75. Impacto rendimiento generado diésel. Fuente: Elaboración propia

| Tecnología | Porcentaje de ahorro energético-económico. Eficiencia de grupo electrógeno al 30% | PRI SIMPLE Eficiencia de grupo electrógeno al 30% | PRI COMPLEJO Eficiencia de grupo electrógeno al 30% | Porcentaje de ahorro energético-económico. Eficiencia de grupo electrógeno al 15% | PRI SIMPLE Eficiencia de grupo electrógeno al 15% | PRI COMPLEJO Eficiencia de grupo electrógeno al 15% |
|--------------------|---|---|---|---|---|---|
| SFV | 0,002% | 7,264 | 7 | 0,003% | 7,264 | 7 |
| Eólica | 12,163% | 11,463 | 12 | 23,234% | 10,819 | 11 |
| Minihidro | 10,302% | 5,249 | 5 | 19,680% | 5,090 | 5 |
| Bio – cogeneración | 33,808% | -11,918 | - | 64,582% | -12,202 | - |

Como se puede observar, la variación de la eficiencia de generación eléctrica del grupo electrógeno, casi no afecta al rendimiento económico de las soluciones. El caso más extremo lo constituye la energía eólica, en el cuál pasa de un 12% a un 23%, con una variación de un 11% en el ahorro energético-económico. Esta variación hace que la inversión se recupere en 0.6 años antes (sin considerar el efecto de los índices de variación de precio, es decir, con el periodo de retorno de inversión en su versión simplificada).

Si además se considera el caso dinámico (con tasa de descuento e índices de incremento de precios), el único caso que se ve alterado es el de la energía eólica que pasa de 12 a 11 años de periodo de retorno.

En definitiva, aunque la eficiencia del grupo electrógeno cayera a la mitad por su uso en carga parcial, este fenómeno tiene un efecto casi imperceptible en los resultados.

Para la energía térmica, no se hace venta de los excedentes, por ende, cuando hay excedentes estos se pierden.

Para el caso de la condensación agua-agua mediante sistema de intercambio para aprovechamiento de la fuente freática tampoco se genera inyección, puesto que en estricto rigor esta es una intervención de eficiencia energética.

8.4.2. Hipótesis de estacionalidad

Para evaluar el efecto de la estacionalidad en cada tipo de packing se consideraron tres tipos de estacionalidad basadas en la estadística de producción regional.

Primero se determinaron cuáles son las estacionalidades posibles de acuerdo a los tipos de fruta y volúmenes de producción de cada región, tal como se aprecia en la siguiente tabla:

Tabla 76 Estacionalidad estadística. Fuente: Elaboración propia

| | Atacama | Coquimbo | Valparaíso | Metropolitana | O'Higgins | El Maule | Biobío | Araucanía | Los Ríos | Los Lagos |
|----------------|--------------|------------------|------------------|------------------|------------------------|--------------|------------------|------------------------|------------------|------------------|
| Ene | 42% | 29% | 37% | 52% | 60% | 36% | 74% | 46% | 91% | 93% |
| Feb | 80% | 41% | 36% | 53% | 57% | 29% | 48% | 32% | 55% | 56% |
| Mar | 100% | 48% | 34% | 44% | 42% | 20% | 13% | 17% | 8% | 8% |
| Abr | 80% | 39% | 26% | 29% | 34% | 39% | 14% | 33% | 1% | 0% |
| May | 42% | 22% | 14% | 20% | 34% | 63% | 23% | 51% | 2% | 0% |
| Jun | 15% | 11% | 8% | 15% | 30% | 65% | 25% | 51% | 2% | 0% |
| Jul | 1% | 18% | 11% | 18% | 21% | 44% | 17% | 33% | 2% | 0% |
| Ago | 2% | 30% | 23% | 22% | 13% | 19% | 8% | 14% | 1% | 0% |
| Sep | 3% | 42% | 41% | 26% | 8% | 6% | 2% | 4% | 0% | 0% |
| Oct | 3% | 45% | 56% | 27% | 8% | 5% | 23% | 16% | 40% | 41% |
| Nov | 3% | 37% | 57% | 38% | 31% | 26% | 60% | 39% | 82% | 83% |
| Dic | 16% | 26% | 45% | 44% | 49% | 37% | 80% | 51% | 105% | 107% |
| Verano | 223% | 118% | 107% | 149% | 159% | 85% | 135% | 95% | 153% | 156% |
| Otoño | 137% | 71% | 48% | 64% | 98% | 167% | 62% | 136% | 5% | 0% |
| Invierno | 7% | 90% | 75% | 66% | 42% | 69% | 27% | 51% | 3% | 0% |
| Primavera | 22% | 108% | 157% | 110% | 88% | 67% | 163% | 106% | 226% | 231% |
| Estacionalidad | Verano Otoño | Primavera Verano | Primavera Verano | Primavera Verano | Primavera Verano Otoño | Verano Otoño | Primavera Verano | Primavera Verano Otoño | Primavera Verano | Primavera Verano |

En base a estas estacionalidades presentes se generaron tres perfiles de producción:

Tabla 77 Estacionalidades utilizadas para los modelos. Fuente: Elaboración propia

| | Enero | Febrero | Marzo | Abril | Mayo | Junio | Julio | Agosto | Septiembre | Octubre | Noviembre | Diciembre |
|------------------|--------|---------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|------------|---------|-----------|-----------|
| Primavera Verano | 25,24% | 16,21% | 6,71% | 1,83% | 0,00% | 0,00% | 0,00% | 0,00% | 1,83% | 6,71% | 16,21% | 25,24% |
| Verano Otoño | 16,21% | 25,24% | 25,24% | 16,21% | 6,71% | 1,83% | 0,00% | 0,00% | 0,00% | 0,00% | 1,83% | 6,71% |
| Otoño Invierno | 0,00% | 0,78% | 3,62% | 10,96% | 21,32% | 26,62% | 21,32% | 10,96% | 3,62% | 0,78% | 0,00% | 0,00% |

Estas estacionalidades se aplicaron para la producción total de la fruta en cada simulación. Cabe notar que en todos los casos se presume una ventana de producción de 8 meses del año, pero con un par de meses de muy baja producción.

8.4.3. Hipótesis económicas y financieras

Tabla 78. Variables económicas utilizadas. Fuente: Elaboración propia

| Variable | Valor | Unidad | Fuente |
|--|-----------------|--------|--|
| Valor del dólar | 685 | CLP | Promedio Banco Central últimos 12 meses ⁸⁶ |
| Valor de la UF | 25.962 | CLP | Promedio SII 2016 ⁸⁷ |
| Tasa de descuento nominal | 8 | % | Acuerdo con el cliente. GIZ |
| Tasa anual de interés instrumento financiero | 8 | % | Acuerdo con el cliente. GIZ |
| Porcentaje de co-financiamiento | 0 / 70% | % | Acuerdo con el cliente. GIZ |
| IPC promedio para el periodo de análisis | 4,3 | % | Promedio SII 2015 ⁸⁸ |
| Periodo de análisis | 25 | Años | Elaboración propia |
| Incremento precio Comb. Fósiles | +4,2 | % | Estudio IEA ⁸⁹ |
| Incremento precio Electricidad | -5,2 / 0 / +5,2 | % | Promedio evolución precio nudo Energíaabierto últimos 9 años ⁹⁰ . |

8.4.3.1. Curvas de costos de inversión

A partir de las diversas fuentes, se utilizaron o construyeron curvas de costos de instalación para cada una de las tecnologías involucradas en los modelos.

Tabla 79. Curvas de costos de inversión por tecnología. Fuente: Elaboración propia

| COSTES INVERSIÓN | | | Fuente |
|-------------------------|--------------------|-------------------------------------|--|
| FREATICO | CLP/kW | $2000,7 * P^{-0,04} * USD$ | Elaboración propia, análisis experto |
| SST | CLP/m ² | $-78.156,80 * LN(P) + 964.829,00$ | Elaboración propia, curva GIZ y análisis experto ⁹¹ |
| SFV (coste base) | CLP/kW | $6.690,10 * P^{-0,35} * USD$ | Informe del ministerio |
| Biodigestor | CLP/m ³ | $2.330,90 * V^{-0,37} * USD$ | Elaboración propia, proveedores, y datos entregados por el ministerio |
| Sistema cogeneración | CLP/kW | $25.991,00 * P^{-0,49} * USD$ | Elaboración propia, proveedores y datos entregados por el ministerio |
| Eólica | CLP/kW | $-314.551,4 LN(P) + 3.455.196,89$ | Elaboración propia, Irena y análisis experto |
| Minihidro | CLP/kW | $3.616,00 * EXP(-0,0005 P)$ | Informe del ministerio |
| Sistema freático | CLP/kW | $(-74.873 * LN(P) + 830.127) * 0,4$ | Elaboración propia. En base a precios de mercado para instalaciones de geotermia. |
| Sobrecosto PMGD P<1,5MW | CLP | $2,79E+07+3E+07*P[MWe]^0,4682$ | Elaboración propia en base a información de proyectos reales facilitados por GIZ ⁹² |

⁸⁶ <http://si3.bcentral.cl/siete/secure/cuadros/arboles.aspx>

⁸⁷ <http://www.sii.cl/pagina/valores/uf/uf2016.htm>

⁸⁸ <http://www.sii.cl/pagina/valores/utm/utm2016.htm>

⁸⁹ <http://www.eia.gov/analysis/projection-data.cfm#annualproj>

⁹⁰ www.energiaabierto.cl

⁹¹ https://energypedia.info/images/1/15/%C3%8Dndice_de_precios_de_Sistemas_Solares_T%C3%A9rmicos.pdf

⁹² Ver desarrollo en 12.1. Desarrollo funciones de costos PMGD

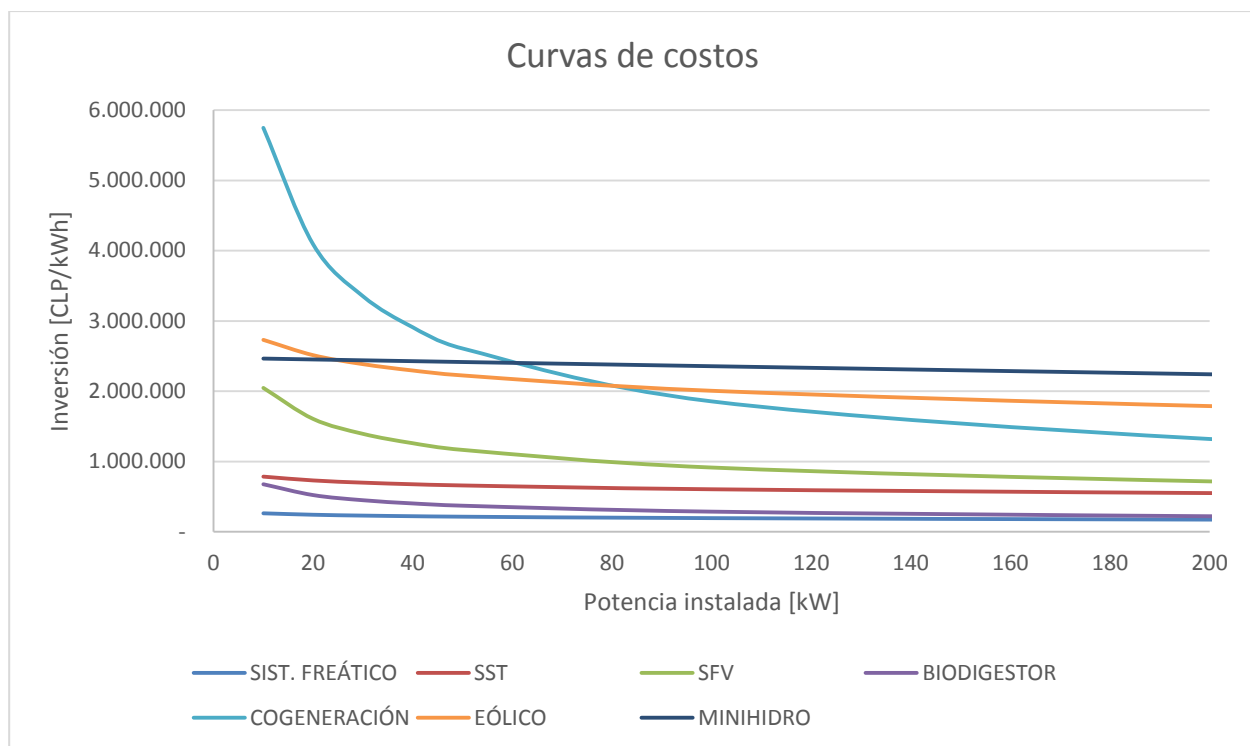


Ilustración 144. Curvas de costos de inversión por tecnología. Fuente: Elaboración propia

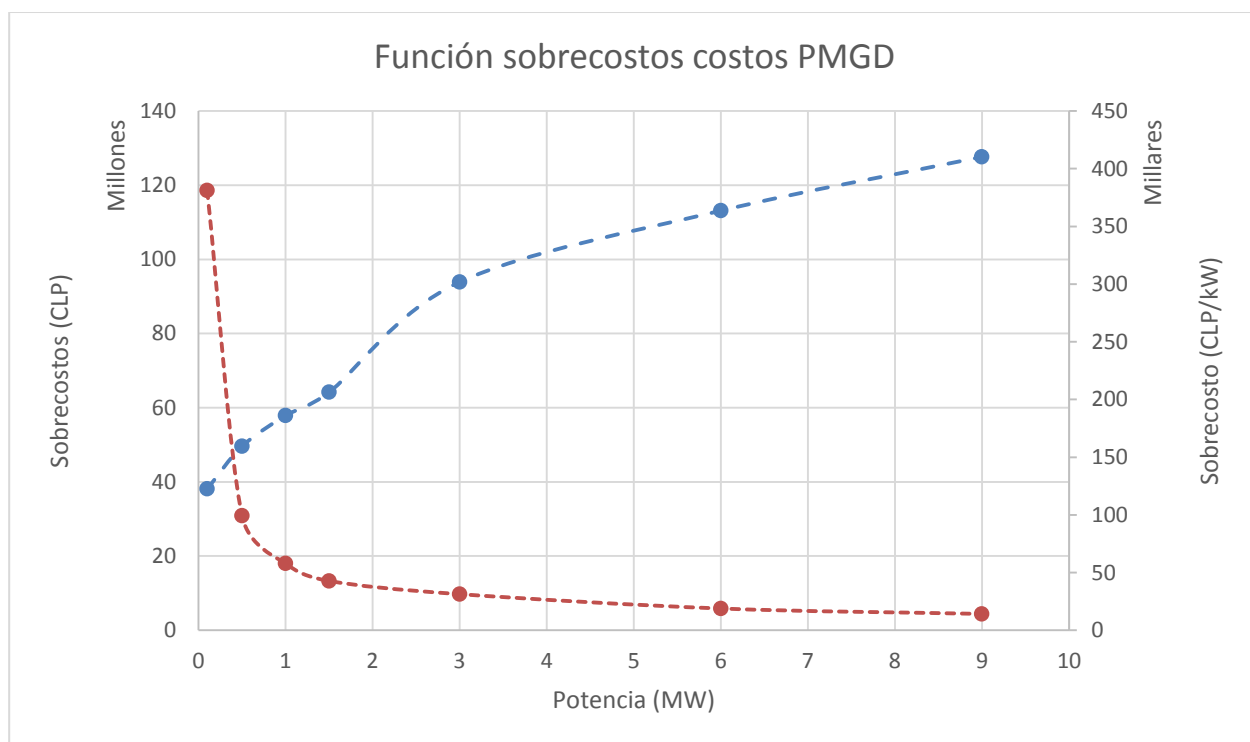


Ilustración 145. Sobrecosto PMGD absoluto y por unidad de potencia según funciones desarrolladas

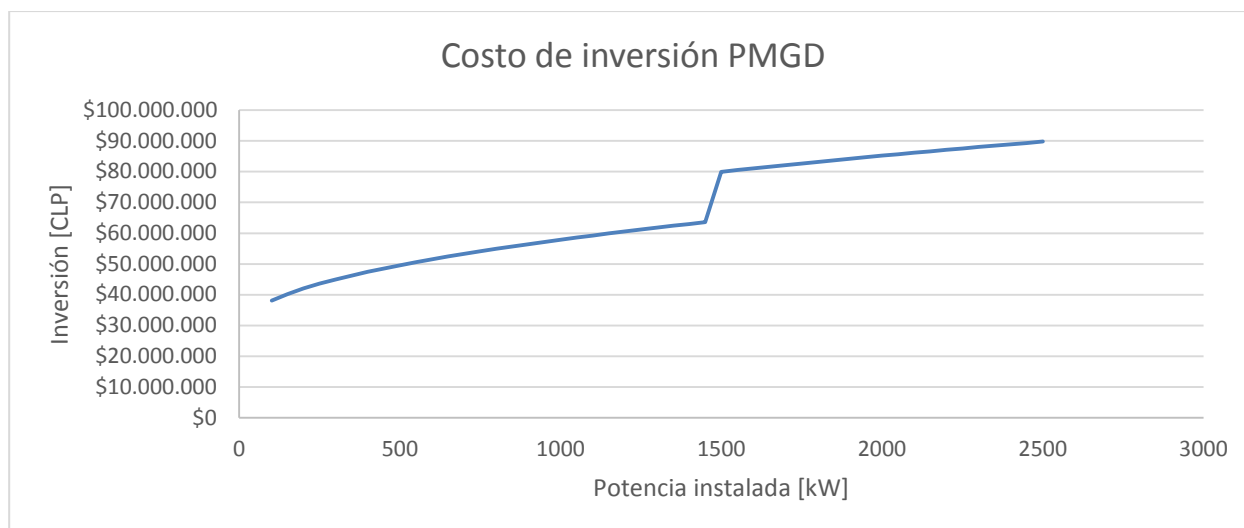


Ilustración 146 Costo de inversión PMGD. Fuente: Elaboración propia

8.4.3.2. Curvas de costos de mantención

A partir de cada fuente fue elaborada una función escalón entre un costo mínimo y costo máximo. Vale decir, el costo varía entre dos límites. Para potencias inferiores a la del costo mínimo, el precio es el mínimo y para potencias superiores a la del costo máximo, el precio es el máximo.

Tabla 80. Curvas de costos de mantención. Fuente: Elaboración propia

| COSTES MANTENCIÓN | | | Fuente |
|----------------------|---------|---|--|
| SST | CLP/año | ESCALON(50 , 150 , 1044450 , 1794450) | Elaboración propia – Estudio de precios |
| SFV | CLP/año | ESCALON(50 , 150 , 162429 , 912429) | Elaboración propia – Estimación en base a horas hombre |
| FREATICO | CLP/año | 2% de la inversión | Elaboración propia – Estudio bombas de calor |
| Sistema cogeneración | CLP/año | 10% de la inversión | Referencias bibliográficas |
| Eólica | CLP/año | 0,025 USD/kWh producido | Irena |
| Minihidro | CLP/año | 2% de la inversión | CEDEC-SIC y referencias bibliográficas |



Ilustración 147. Curvas de costos de operación. Fuente: Elaboración propia

Estas curvas de costos corresponden a los valores anuales que se deben desembolsar por parte de la industria para mantener en correcto funcionamiento las instalaciones.

Tabla 81. Tarifas eléctricas por región. Fuente: Elaboración propia

| Etiquetas de fila | Tarifa energía BT4 [CLP/kWh] | Inyección BT [CLP/kWh] | Inyección PMGd [CLP/kWh] |
|-------------------|------------------------------|------------------------|--------------------------|
| Atacama | 61,8 | 61,8 | 36,9 |
| Coquimbo | 68,5 | 68,5 | 40,8 |
| Valparaíso | 70,5 | 70,5 | 42,0 |
| Metropolitana | 68,9 | 68,9 | 41,1 |
| O'Higgins | 72,2 | 72,2 | 43,0 |
| del Maule | 73,7 | 73,7 | 43,9 |
| del Biobío | 67,5 | 67,5 | 40,2 |
| de la Araucanía | 68,6 | 68,7 | 40,9 |
| Los Ríos | 72,4 | 72,4 | 43,2 |
| de los Lagos | 72,1 | 72,1 | 43,0 |
| Promedio | 69,8 | 69,8 | 36,9 |

Para todos los casos se supuso que la tarifa utilizada por las empresas corresponde a la BT4.3 que por definición de la SEC (Super intendencia de Electricidad y Combustibles) corresponde a “Medición de demanda máxima de potencia en horas de punta y de la demanda máxima de potencia suministrada”.

Esto quiere decir que al cliente se le cobra un monto por la potencia máxima contratada, y que dicha potencia se mide exclusivamente en horas de punta (periodo Abril – Septiembre de 18 a 23 horas). Por este motivo, para reducir esa potencia es que las empresas utilizan grupos electrógenos durante el periodo punta para reducir este monto.

Esta es la práctica más común en el sector de producción industrial chileno, y es la razón por la cual se utilizó esta tarifa en los modelos.

Los precios fueron obtenidos de las tarifas eléctricas publicadas en septiembre de 2016 por 4 proveedores de energía eléctrica (CGE, CONAFE, EMELAT y SAESA) que cubren las regiones consideradas en el estudio. Estas proveedoras entregan energía a 208 comunas dentro de las regiones consideradas.

Para instalaciones superiores a los 100 kW de potencia eléctrica, la industria deja de ser beneficiaria de la ley de generación distribuida y pasan a ser efectivas la ley corta I y la ley corta II (19.940 y 20.018), que establecen las condiciones de servicio para PMGD (Pequeños Medios de Generación Distribuida).

Para estos casos, la tarifa de inyección a la red se fijó en 60 USD / MWh⁹³ suponiendo un tipo de venta por precio estabilizado, este valor se consideró para la región metropolitana y se hizo variar de acuerdo a la variación que experimenta el costo base de la energía para cada región.

El factor de corrección indica cuanto cambia el precio de los combustibles en función de la región donde se realiza la compra. i.e. Si el factor es 1,18 quiere decir que se calcula el precio con la curva y luego se multiplica por 1,18 para obtener su valor final.

Tabla 82. Factores de corrección para combustibles fósiles por región. Fuente: Elaboración propia

| Región | Factor de corrección de GLP | Factor de corrección de Diésel y petróleo combustible N° 6 |
|---------------|-----------------------------|--|
| Atacama | 1,04 | 1,02 |
| Coquimbo | 1,03 | 1,02 |
| Valparaíso | 1,09 | 1,00 |
| Metropolitana | 1,00 | 0,99 |
| O'Higgins | 1,07 | 1,04 |
| Maule | 1,12 | 0,96 |
| Biobío | 1,07 | 1,03 |
| Araucanía | 1,11 | 1,05 |
| Los Ríos | 1,18 | 1,08 |
| Los Lagos | 1,17 | 1,04 |
| Promedio | 1,09 | 1,02 |

⁹³ Por indicación explícita de Ministerio de Energía

Tabla 83. Tabla de precios de combustibles. Fuente: ENAP⁹⁴

| Volumen de energía [kWh] | GLP Precio [CLP/kWh] | Diésel Precio [CLP/kWh] | Petróleo combustible N° 6 Precio [CLP/kWh] |
|--------------------------|----------------------|-------------------------|--|
| 10 | 59,2 | 33,8 | 24,0 |
| 100.000 | 59,2 | 33,8 | 24,0 |
| 200.000 | 46,9 | 32,3 | 22,9 |
| 400.000 | 45,0 | 30,8 | 21,9 |
| 1.000.000 | 42,5 | 29,0 | 20,6 |
| 2.000.000 | 40,7 | 27,7 | 19,7 |
| 4.000.000 | 39,0 | 26,5 | 18,8 |
| 5.000.000 | 38,4 | 26,1 | 18,5 |
| 10.000.000 | 36,8 | 24,9 | 17,7 |
| 10.000.000 | 36,8 | 24,9 | 17,7 |
| 10.000.000 | 36,8 | 24,9 | 17,7 |
| 20.000.000 | 35,3 | 23,8 | 16,9 |
| 30.000.000 | 34,4 | 23,2 | 16,4 |
| 30.000.000 | 34,4 | 23,2 | 16,4 |
| 100.000.000 | 23,1 | 21,4 | 15,2 |

El factor de corrección de venta de GLP fue obtenido a partir de la varianza de los precios de cilindros de 45 kg por región, información disponible en Energía Abierta. Estos factores actúan sobre la curva de precios, que fue elaborada a partir de los precios publicados por la ENAP y Lipigas (septiembre 2016).

La tabla de precios del petróleo diésel está calculada a partir de los valores entregados por la ENAP, en conjunto con la información de Energía Abierta y la factura real de un contacto en la industria productiva.

La tabla de corrección para regiones está construida a partir de los precios del petróleo diésel al detalle, recopilado por Energía Abierta.

Para los tres combustibles, los valores más bajos son los recopilados por la ENAP para el mismo horizonte de tiempo (la penúltima semana de septiembre 2016). Estos valores de paridad son teóricos y apuntan al precio teórico más bajo que se puede pagar por esos combustibles. Es el equivalente a comprar el petróleo directamente del punto de importación, en un volumen muy grande (sin intermediarios).

Para efectos del estudio, las bodegas de Packing más grande, consumen del orden de 110 m³ cúbicos de gas licuado, y el mismo orden de consumo para el petróleo, que en la tabla está en el orden del millón de kWh/temporada. Que correspondería a un consumo mensual del orden de doscientos mil kWh/mes. Lo que quiere decir que los rangos de precios deberían estar poco afectados al factor de escala.

A partir de estas tablas se puede calcular el precio de combustibles en función del tamaño de la demanda y la localización de la bodega de Packing.

⁹⁴ http://www.enap.cl/pag/66/991/tabla_de_precios_de_paridad

8.4.4. Descripción de Modelos Técnicos

8.4.4.1. Sistema Solar fotovoltaico

La potencia generada por el sistema se obtuvo del perfil horario extraído del explorador solar para un kW y fue extrapolada según la potencia instalada utilizada.

El sistema ahorra combustible diésel utilizado en la generación eléctrica durante periodos punta.

8.4.4.2. Sistema Solar Térmico

Se calcula la potencia mensual en base una curva de fracciones solares a partir de la oferta y demanda energética. La fracción solar determina qué parte de la demanda puede ser cubierta por el sistema SST.

La curva está extraída del estudio Appsol, que corresponde a la regresión de cientos de casos simulados de forma dinámica.

8.4.4.3. Sistema de generación eólica

Para homogeneizar las potencias instalables en cada región se utilizó la premisa de que el recurso eólico permite que el sistema funcione con un factor de planta del 30%. (http://www.minenergia.cl/archivos_bajar/Estudios/Potencial_ER_en_Chile_AC.pdf).

Luego se utilizaron los perfiles de velocidad del viento horarios generados por el explorador solar y se corrigió la curva de oferta eólica para que cumpliera la premisa del factor de planta y para que calzara en su forma con la curva de velocidades del explorador.

Dicho de otra forma, a nivel horario, la producción variará en función del recurso eólico que haya disponible en cada hora-mes del año, de tal manera que, si se suma la producción de todas las horas del año, entonces se alcance el 30% del factor de planta. (Se modula la producción horaria a partir del perfil de viento para que se cumpla también el factor de planta).

En base a estas premisas, se considera que los resultados son útiles para un caso particular sí y sólo sí existe el potencial real que permita que el sistema funcione con el factor de planta del 30%. En otras palabras, si existe dicho potencial, las curvas sirven para estimar el beneficio de la tecnología para ese caso particular.

El recurso eólico es sumamente local y resulta cuasi imposible, e incluso poco razonable, caracterizar su potencial a nivel regional, puesto que para una misma región se pueden encontrar casos tan favorables como contraproducentes.

Por este motivo se tomó la decisión de utilizar el factor de planta promedio de proyectos ya instalados. Este factor es además deseable para un buen comportamiento económico.

El sistema ahorra combustible diésel utilizado en la generación eléctrica durante periodos punta.

8.4.4.4. Sistemas de generación hidráulica

Similar al caso anterior, se trabajó en base a un factor de planta estadístico, que según el mismo estudio gira en torno al 50% para la tecnología en cuestión.

Para moldear la curva de oferta hídrica se utilizaron las variaciones de caudal informadas por el explorador de derechos de aguas no consuntivos (<http://walker.dgf.uchile.cl/Explorador/DAANC/>).

Se supuso que durante un mes, la generación es constante durante las 24 horas del día en la magnitud que hace calzar el perfil de caudales y el factor de planta objetivo.

El sistema ahorra combustible diésel utilizado en la generación eléctrica durante periodos punta.

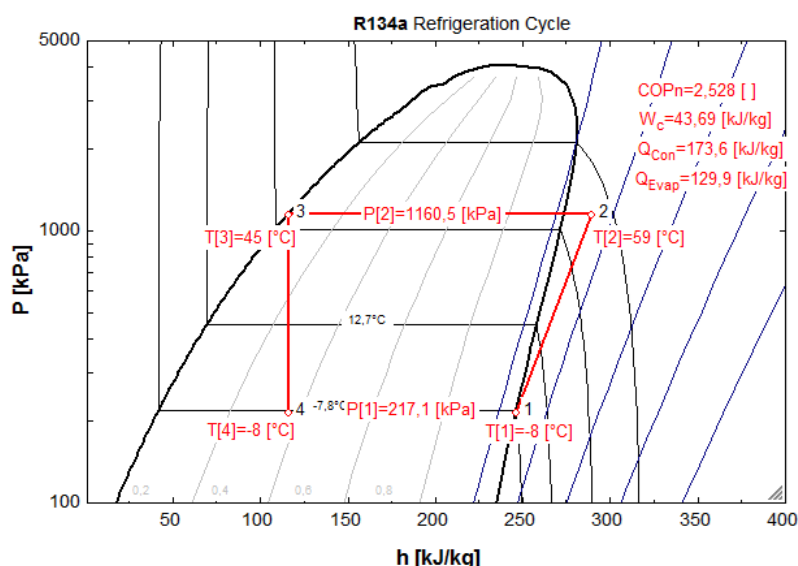
8.4.4.5. Sistema de climatización con agua freática

Los sistemas de climatización con agua freática se han caracterizado en base al modelo matemático simplificado de un ciclo termodinámico de refrigeración por compresión escrito en la plataforma EES, un reconocido Solver matemático que integra propiedades termo físicas de refrigerantes.

En base a las ecuaciones que gobiernan el ciclo termodinámico se realiza el balance energético en diferentes situaciones:

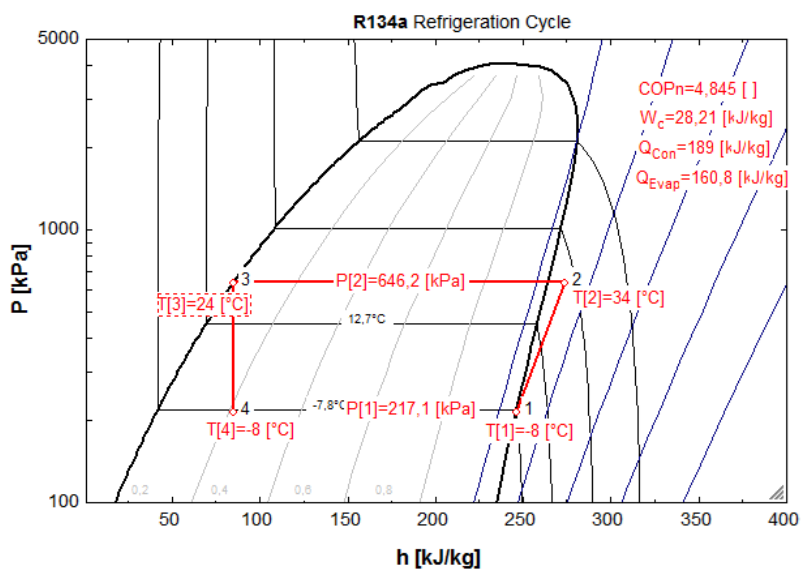
- Situación actual, con temperaturas de condensación de 45°C
- Situación con aguas freáticas $T=9^{\circ}\text{C}$, con temperaturas de condensación de 24°C
- Situación con aguas freáticas $T=15^{\circ}\text{C}$, con temperaturas de condensación de 30°C

Para cada una de ellas, como se observa en las ilustraciones que siguen, se evalúa el consumo eléctrico del compresor y la producción de frío útil y por lo tanto el COP del sistema, esto es su rendimiento, que pasa de 2,5 en el caso de referencia a 4,85 y 3,95 respectivamente en los dos casos con distintos niveles de temperatura de agua freática, tal como se resume en la Tabla 84. Resumen de COP para diferentes temperaturas de fuente y evaporador.



| Sort | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
|------|------------------|----------------|--------------------|---------------|--------------|
| | h_i [kJ/kg] | P_i [kPa] | s_i [kJ/K·kg] | T_i [°C] | x_i [-] |
| [1] | 245,8 | 217,1 | 0,936 | -8 | 1 |
| [2] | 289,5 | 1160,5 | 0,963 | 59 | |
| [3] | 115,8 | 1160,5 | 0,418 | 45 | |
| [4] | 115,8 | 217,1 | 0,446 | -8 | 0,3649 |

Ilustración 148. Caso de referencia



| Arrays Table | | | | | |
|--------------|-----------------------|---------------------|-------------------------|--------------------|-------------------|
| Sort | 1 h_i [kJ/kg] | 2 P_i [kPa] | 3 s_i [kJ/K·kg] | 4 T_i [°C] | 5 x_i [-] |
| [1] | 245,8 | 217,1 | 0,936 | -8 | 1 |
| [2] | 274,0 | 646,2 | 0,955 | 34 | |
| [3] | 85,0 | 646,2 | 0,320 | 24 | |
| [4] | 85,0 | 217,1 | 0,330 | -8 | 0,2141 |

Ilustración 149. Situación Refrigeración Aguas Freáticas $T=9^\circ\text{C}$

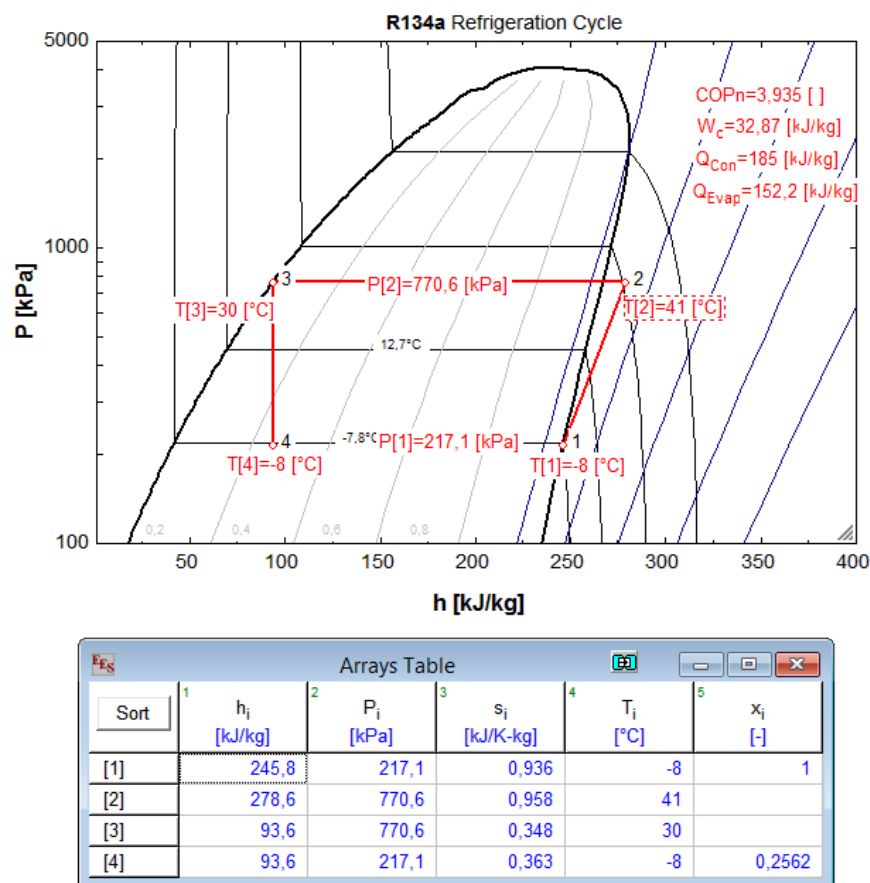


Ilustración 150. Situación Refrigeración Aguas Freáticas T=15°C

Mediante estos análisis estacionarios se obtiene una curva de COP en base a diferentes temperaturas de operación del ciclo de compresión.

Tabla 84. Resumen de COP para diferentes temperaturas de fuente y evaporador. Fuente: Elaboración propia

| Caso | T fuente °C | T evaporador °C | COP |
|---------------------|----------------|--------------------|-----|
| Referencia | 30 | 45 | 2.5 |
| Aguas Freáticas T15 | 15 | 30 | 3.9 |
| Aguas Freáticas T9 | 9 | 24 | 4.8 |

Mediante estos puntos de trabajo se proyecta una curva de regresión que es la utilizada en los cálculos de proyecciones de rendimiento y ahorros.

8.4.4.6. Cogeneración con Biogás

El modelo implementado corresponde a un sistema de cogeneración en base a un motor alternativo alimentado por un digestor anaeróbico de residuos vegetales.

En una primera aproximación se construyó un modelo que dimensionaba la potencia del sistema de cogeneración en base al volumen de biogás potencial, que a su vez estaba

dimensionado en base a las “mermas en manipulación y almacenamiento en la postcosecha”, que según la FAO⁹⁵ se puede cuantificar en un 10% para América Latina.

Este modelo permitió visualizar que el recurso era mucho mayor que la demanda y que el sistema no se soporta económicamente si no se aprovecha el calor, lo que representa que no se puede dimensionar el sistema en base al recurso, por esta razón se ha optado por generar un segundo modelo de dimensionamiento que toma como base la cobertura de un 90% de la demanda térmica anual y un 80% las horas de operación de la planta para llegar a una cantidad de energía horaria, que se aproxima a una potencia térmica instalada en base al rendimiento térmico promedio de los motores analizados.

Luego a partir de esta potencia térmica, se calcula la potencia eléctrica del motor (que se entiende como la potencia de diseño) y luego en base a esa potencia, se recalculan los rendimientos térmicos y eléctricos.

Respecto a la capacidad de producción de energía en forma de metano en base a la biomasa disponible, se ha supuesto un valor de 369kWh/Tn. Este valor corresponde al promedio de dos fuentes que cuantificaron este parámetro para biomasa de origen vegetal:

- Según el artículo „Producción de biogás a partir de residuos vegetales. Características, etapas y Limitaciones” publicado por IQ en febrero de 2016, una tonelada de residuo vegetal contiene 50m³ de CH₄, lo que corresponde a 465kWh/Tn.
- Según el estudio de IDAE, “Situación y Potencial de Generación de Biogás. Estudio Técnico PER 2011-202”, este valor es en promedio de 273kWh/Tn para el recurso disponible en España

Según estas cifras, la cantidad de biogás disponible siempre es superior a la requerida para la dimensión calculada del motor en un diseño ajustado a la demanda térmica, que es el que podría justificar su viabilidad, dado que sólo aprovechando calor y electricidad, se pueden viabilizar los sistemas.

Para el dimensionado del volumen del digestor, se ha utilizado un ratio de energía procesada diariamente por unidad de volumen de digestor de 4,1 kWh/día/m³, extraído como ratio de los proyectos de Kaiser Energy en Chile., donde se relaciona la energía trasegada por día con el volumen del digestor, incluyendo de forma implícita el tiempo de retención.

95 Pérdidas y desperdicio de alimentos en el mundo. ORGANIZACIÓN DE LAS NACIONES UNIDAS PARA LA ALIMENTACIÓN Y LA GRICULTURA. Roma, 2012

Cogeneración a biogás hasta 2.000 kW*

| Tipo | Potencia eléctrica | Potencia térmica | Eficiencia eléctrica | Eficiencia térmica |
|----------------------|--------------------|------------------|----------------------|--------------------|
| <i>filius</i> 104 | 50 kW | 70 kW | 35,3% | 49,8% |
| <i>filius</i> 204 | 64 kW | 85 kW | 36,1% | 48,0% |
| <i>filius</i> R04 | 75 kW | 89 kW | 38,0% | 43,1% |
| <i>filius</i> 106 | 100 kW | 121 kW | 38,0% | 45,8% |
| <i>filius</i> 206 | 150 kW | 179 kW | 38,2% | 45,6% |
| 2G-KWK-190 BG | 190 kW | 218 kW | 38,7% | 44,4% |
| 2G-KWK-250 BG | 250 kW | 290 kW | 38,8% | 45,0% |
| 2G-KWK-370 BG | 370 kW | 431 kW | 38,8% | 45,2% |
| <i>agenitor</i> 206 | 220 kW | 232 kW | 40,6% | 42,8% |
| <i>agenitor</i> 306 | 250 kW | 265 kW | 41,0% | 43,5% |
| <i>agenitor</i> 212 | 400 kW | 445 kW | 40,1% | 44,6% |
| <i>agenitor</i> 312 | 450 kW | 469 kW | 40,6% | 42,3% |
| <i>agenitor</i> 406 | 250 kW | 250 kW | 42,5% | 42,5% |
| <i>agenitor</i> 408 | 360 kW | 354 kW | 42,5% | 41,8% |
| TWIN-PACK 500 | 500 kW | 500 kW | 42,5% | 42,5% |
| <i>avus</i> 500a | 527 kW | 558 kW | 40,5% | 42,9% |
| <i>avus</i> 500 plus | 550 kW | 541 kW | 42,5% | 41,8% |
| <i>avus</i> 500b | 637 kW | 675 kW | 40,4% | 42,8% |
| <i>avus</i> 500c | 600 kW | 604 kW | 41,6% | 41,9% |
| <i>avus</i> 800a | 835 kW | 920 kW | 39,9% | 44,0% |
| <i>avus</i> 800b | 845 kW | 814 kW | 42,7% | 41,1% |
| <i>avus</i> 800c | 800 kW | 803 kW | 41,7% | 41,8% |
| <i>avus</i> 1000a | 1.067 kW | 1.103 kW | 40,9% | 42,3% |
| <i>avus</i> 1000b | 1.130 kW | 1.086 kW | 42,8% | 41,1% |
| <i>avus</i> 1000c | 1.200 kW | 1.271 kW | 41,3% | 43,7% |
| <i>avus</i> 1500b | 1.413 kW | 1.358 kW | 42,8% | 41,1% |
| <i>avus</i> 1500c | 1.560 kW | 1.678 kW | 40,9% | 43,9% |
| <i>avus</i> 2000c | 2.000 kW | 2.116 kW | 41,2% | 43,6% |

Sujeto a modificación técnica.
* Módulos de potencia superior bajo pedido.

Ilustración 151. Tabla de características de motores de biogás de 2G

El cálculo de los rendimientos eléctricos y térmicos de los motores de cada caso, para el cálculo de la producción horaria se ha hecho en base a curvas basadas en el mismo catálogo, según sendas funciones potenciales, recogidas en Ilustración 152. Aproximación a rendimientos de motores de biogás

Se asumió un autoconsumo de calor para la biodigestión de un 44%, obtenido como promedio de las fuentes consultadas.⁹⁶⁹⁷

Se supuso que el perfil de operación del motor se acopla a la demanda de frío, puesto que durante estos períodos existe biomasa para alimentar a los motores y es más extensa que la ventana de uso de calor, que sólo funciona durante las 8-19 hrs.

Para la demanda térmica, se supuso la existencia de un acumulador térmico, por lo cual se utiliza toda la energía térmica generada que siempre es menor que la demanda por la forma en que se dimensionó el motor.

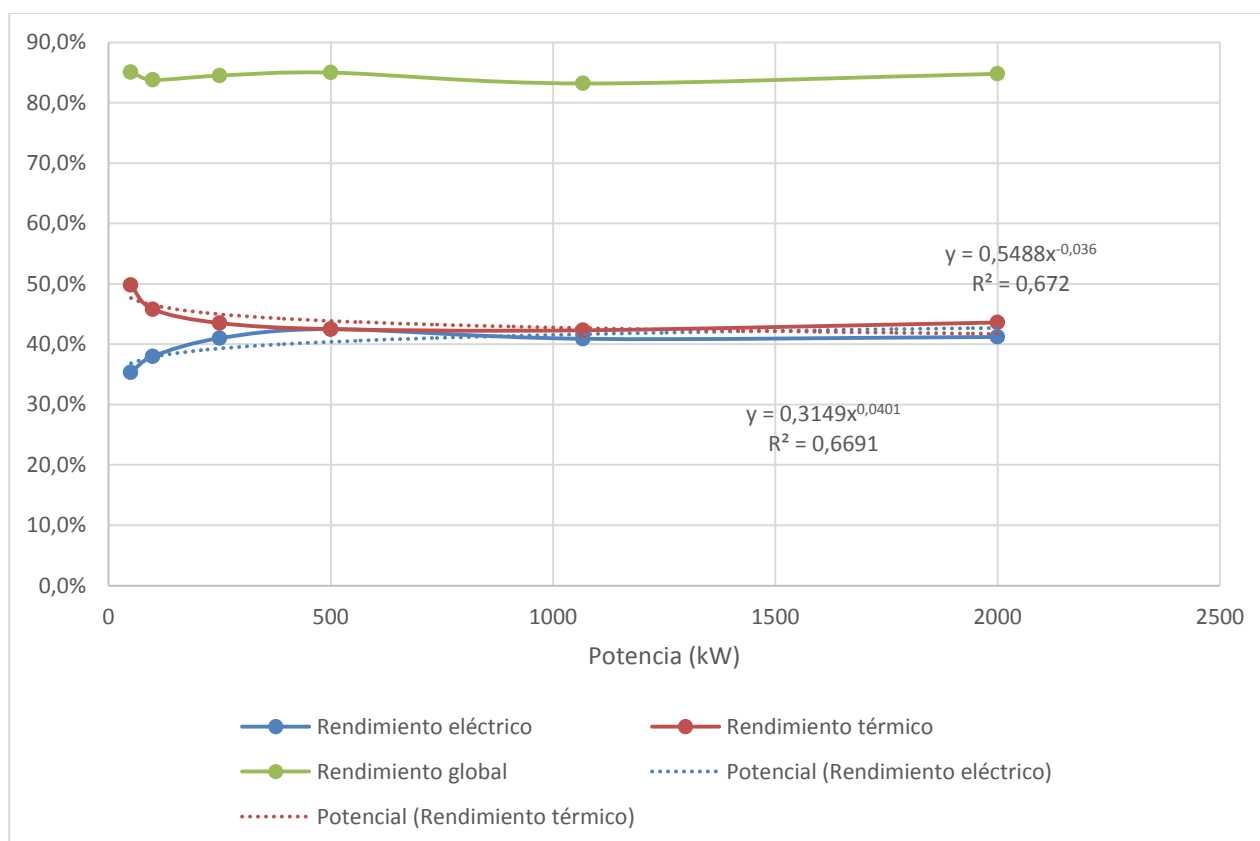


Ilustración 152. Aproximación a rendimientos de motores de biogás

⁹⁶ Kaiser Energía. Proyectos de Biogás. Dr. Felipe Kaiser

⁹⁷ P.F.C.1209. DISEÑO Y CALCULO DE LAS INSTALACIONES DE UN BIODIGESTOR. Universidad Tecnológica Nacional Facultad Regional Concepción del Uruguay

8.5. Presentación y Análisis de Resultados

8.5.1. Análisis previo de potencias

Antes de realizar las simulaciones masivas a través de los modelos hasta acá expuestos, se realizó un análisis de sensibilidad del comportamiento económico del sistema frente al tamaño de la instalación de cada una de las tecnologías, para cada región.

El objetivo de este análisis es definir la muestra de potencias que serán procesadas a través de las simulaciones para reducir el universo de posibilidades a un segmento que sea de mayor interés para el análisis.

El indicador económico escogido corresponde al Payback de los proyectos.

Las simulaciones se realizaron con las hipótesis económicas y financieras establecidas en el Capítulo 8.4.1. Aparte, el tamaño de producción se fijó en 25 millones de kilogramos con la distribución de frutas de cada región y la estacionalidad de cada región. Este tamaño permite que haya un rango más amplio de potencias instalables (si fuera una industria mediana o pequeña, no se podría visualizar el comportamiento para potencias más grandes instaladas).

El límite superior de la potencia se definió en 2.000 kW. Este número proviene de la estimación que los Packing más grandes existentes producen en torno a 50.000 toneladas y según los modelos la potencia media está en torno a los 1.300 kW.

En los modelos el perfil de potencias peak demandadas es 25% menor que el valor informado por la auditoría de puente negro. Esta diferencia se explica en que los perfiles de temperatura corresponden a los promedios horarios por ende no se generan peaks “reales” en los sistemas de frío.

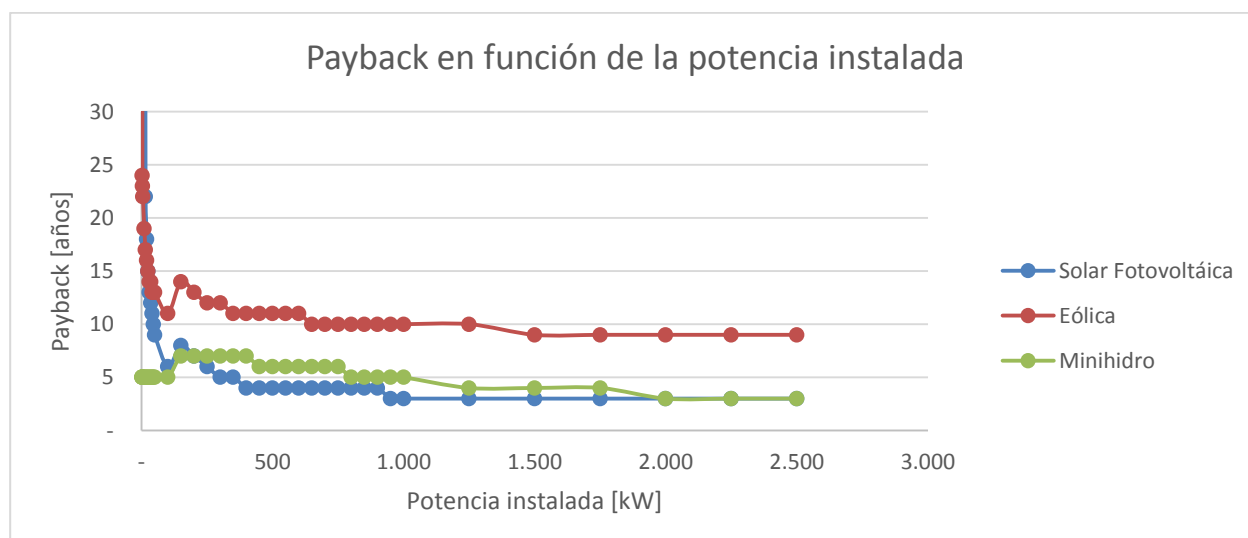


Ilustración 153 Curvas de payback para distintas soluciones tecnológicas. Fuente: Elaboración propia

La curva del anterior gráfico se generó para la región de O'Higgins para una producción de 25.000 toneladas en los tipos de fruta y estacionalidad propia de la región. La curva muestra que se produce un fenómeno de fluctuación relevante para las tres tecnologías evaluadas en torno a los 100 kW.

Esto debido a que en ese punto cambia el precio de inyección de la energía y por lo tanto cambia también el rendimiento económico de las inversiones.

La potencia peak corregida de este caso corresponde a 1329 kW. Este corresponde al límite teórico que puede llegar a inyectar la empresa hacia el sistema.

Esta hipótesis está basada en que la línea de conexión por lo menos soporta hasta la intensidad eléctrica que la industria consume. Sobre ese punto, no se conoce el nivel de sobre-dimensionamiento que puede tener la línea, por lo tanto, para cada simulación, no se utilizan potencias instaladas que sobrepasen este límite.

Luego, a partir de estas hipótesis se tomó la decisión de que para cada conjunto de región, estacionalidad y tamaño, se probarían tres tamaños de instalación para las tecnologías de generación eléctrica, correspondientes a 100 kW de potencia instalada, 0,5 veces el peak de demanda corregido, y 1 vez el peak corregido.

Esto quiere decir que para cada región se probarán: 3 tamaños de producción, 3 estacionalidades y 3 tamaños de potencia instalada para generación eléctrica. Esto quiere decir que por lo menos serán $10 \times 3 \times 3 \times 3 = 270$ casos, sin considerar las otras variables sensibilizadas.

En el caso de que la potencia peak fuera menor a 100 kW, entonces el primer punto sería 0,25 veces la potencia peak corregida.

8.5.2. Identificación propuestas viables

Con el objetivo de caracterizar la viabilidad de los sistemas en función de las distintas variables y casuísticas, se lanzaron 7.291 simulaciones combinando las distintas variables seleccionadas como significativas, de las que posteriormente dos se eliminaron por su baja significancia (8.8. Análisis de sensibilidad de los resultados), quedando el análisis final en 1.620 casos por tecnología simulados y analizados, en dos grupos de 810 para cada una, dependiendo del tipo de financiación:

- Financiación con fondos propios sin apalancamiento
- Financiación con apalancamiento del 70% con un costo del capital del 8%

Dado que el objetivo del estudio es identificar la viabilidad de las distintas tecnologías sujetas a las distintas variables, para cada uno de los dos casos de financiación se ha generado como resultado una tabla por tecnología en la que se muestra el período de retorno y la potencia del caso más rentable para cada localización, tamaño, estacionalidad y evolución del costo de la energía eléctrica. Se muestran todos los resultados con períodos de retorno bajo los 20 años, excepto para el caso del sistema de aprovechamiento de aguas freáticas, en el que este límite se reduce a 10 años, dada la menor durabilidad de la intervención.

Tal como se ve en la imagen siguiente, la tabla incluye en horizontal tres tamaños de producción anual por región, así como todas las combinaciones posibles de las tres estacionalidades y los tres escenarios de evolución del costo de la electricidad (ECE). Las

| ECE | Estacionalidad | 5,2% | | | | | | 0% | | | | | |
|------------|----------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| | | estac1 | | estac2 | | estac3 | | estac1 | | estac2 | | estac3 | |
| | | P (kW) | PR (a) | P (kW) | PR (a) | P (kW) | PR (a) | P (kW) | PR (a) | P (kW) | PR (a) | P (kW) | PR (a) |
| Atacama | 1.000.000 | 13 | 8 | 55 | 8 | 44 | 8 | | | | | | |
| | 5.000.000 | 100 | 8 | 100 | 8 | 100 | 8 | | | | | | |
| | 20.000.000 | 100 | 8 | 100 | 8 | 100 | 8 | | | | | | |
| Coquimb | 750.705 | 43 | 8 | 45 | 8 | 36 | 8 | | | | | | |
| | 3.753.526 | 100 | 8 | 100 | 8 | 100 | 8 | | | | | | |
| | 15.014.105 | 100 | 8 | 100 | 8 | 100 | 8 | | | | | | |
| Valparaíso | 1.019.070 | 15 | 5 | 15 | 5 | 46 | 5 | 59 | 7 | 61 | 7 | 46 | 7 |
| | 5.095.351 | 100 | 6 | 100 | 6 | 100 | 6 | 100 | 7 | 100 | 7 | 100 | 7 |
| | 20.381.403 | 100 | 6 | 100 | 6 | 100 | 6 | 100 | 7 | 100 | 7 | 100 | 7 |

potencias están expresadas en kW_e para las tecnologías de generación y en kW_f para la de refrigeración, y el período de retorno está expresado en años.

Ilustración 154. Ejemplo de tabla de resultados de potencia viable por casos. Fuente: Elaboración propia

Se presentan estas tablas para todos los sistemas excepto para solar térmica y cogeneración con biodigestión, que no arrojan ningún caso viable con período de retorno inferior a los 25 años.

Tabla 85. Fotovoltaica. Potencia y período de retorno para los casos con menor período de retorno bajo 20 años con apalancamiento. Fuente: Elaboración propia

| | ECE | 5,2% | | | | | | 0% | | | | | | -5,2% | | | | | |
|------------|-----------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| | Estacionalidad | estac1 | | estac2 | | estac3 | | estac1 | | estac2 | | estac3 | | estac1 | | estac2 | | estac3 | |
| | Producción (kg) | P (kW) | PR (a) | P (kW) | PR (a) | P (kW) | PR (a) | P (kW) | PR (a) | P (kW) | PR (a) | P (kW) | PR (a) | P (kW) | PR (a) | P (kW) | PR (a) | P (kW) | PR (a) |
| Atacama | 1.000.000 | 53 | 10 | 55 | 10 | 44 | 11 | | | | | | | | | | | | |
| | 5.000.000 | 248 | 7 | 259 | 7 | 206 | 7 | 248 | 11 | 259 | 11 | 206 | 11 | | | | | | |
| | 20.000.000 | 478 | 6 | 498 | 6 | 398 | 6 | 478 | 8 | 498 | 8 | 398 | 7 | | | | | | |
| Coquimb | 750.705 | 43 | 10 | 45 | 9 | 36 | 11 | | | | | | | | | | | | |
| | 3.753.526 | 201 | 6 | 100 | 6 | 100 | 6 | 201 | 9 | 211 | 9 | 100 | 9 | | | | | | |
| | 15.014.105 | 390 | 5 | 409 | 5 | 334 | 5 | 390 | 7 | 409 | 7 | 334 | 7 | | | | | | |
| Valparaíso | 1.019.070 | 59 | 8 | 61 | 8 | 46 | 9 | 59 | 13 | 61 | 12 | 46 | 20 | | | | | | |
| | 5.095.351 | 274 | 6 | 288 | 6 | 221 | 6 | 274 | 8 | 288 | 8 | 221 | 8 | | | | | | |
| | 20.381.403 | 529 | 5 | 556 | 5 | 433 | 5 | 529 | 6 | 556 | 6 | 433 | 6 | 529 | 10 | 556 | 10 | 433 | 10 |
| Metropol | 1.085.900 | 61 | 10 | 64 | 10 | 49 | 12 | | | | | | | | | | | | |
| | 5.429.502 | 285 | 7 | 298 | 7 | 232 | 7 | 285 | 11 | 298 | 11 | 232 | 12 | | | | | | |
| | 21.718.008 | 549 | 6 | 575 | 6 | 452 | 6 | 549 | 8 | 575 | 8 | 452 | 8 | | | | | | |
| O'Higgins | 1.011.870 | 57 | 9 | 60 | 8 | 45 | 10 | 57 | 18 | 60 | 16 | | | | | | | | |
| | 5.059.348 | 267 | 6 | 281 | 6 | 217 | 6 | 267 | 8 | 281 | 8 | 217 | 9 | | | | | | |
| | 20.237.390 | 514 | 5 | 542 | 5 | 424 | 5 | 514 | 6 | 542 | 6 | 424 | 6 | 514 | 11 | 542 | 12 | 424 | 13 |
| El Maule | 1.232.023 | 67 | 8 | 70 | 8 | 53 | 9 | 67 | 15 | 70 | 14 | | | | | | | | |
| | 6.160.114 | 315 | 6 | 328 | 6 | 258 | 7 | 315 | 8 | 164 | 8 | 258 | 9 | | | | | | |
| | 24.640.456 | 610 | 5 | 635 | 5 | 1.000 | 6 | 1.000 | 7 | 1.000 | 7 | 506 | 7 | | | | | | |
| Biobío | 360.650 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 1.803.248 | 81 | 8 | 84 | 8 | 69 | 9 | 81 | 16 | 84 | 15 | | | | | | | | |
| | 7.212.993 | 311 | 7 | 322 | 7 | 268 | 8 | 311 | 11 | 161 | 11 | 100 | 13 | | | | | | |
| Araucanía | 411.783 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 2.058.914 | 93 | 10 | 98 | 10 | 80 | 11 | | | | | | | | | | | | |
| | 8.235.657 | 358 | 8 | 189 | 8 | 312 | 9 | 179 | 15 | 189 | 15 | | | | | | | | |
| Los Ríos | 596.500 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 2.982.500 | 111 | 13 | 118 | 13 | 94 | 11 | | | | | | | | | | | | |
| | 11.930.000 | 426 | 8 | 228 | 8 | 184 | 8 | 213 | 14 | 228 | 15 | 184 | 17 | | | | | | |
| Los Lagos | 570.000 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 2.850.000 | 98 | 12 | 109 | 16 | 94 | 12 | | | | | | | | | | | | |
| | 11.400.000 | 189 | 9 | 211 | 9 | 183 | 10 | | | | | | | | | | | | |

Tabla 86. Fotovoltaica. Potencia y período de retorno para los casos con menor período de retorno bajo 20 años sin apalancamiento. Fuente: Elaboración propia

| | ECE | 5,2% | | | | | | 0% | | | | | | -5,2% | | | | | |
|------------|-----------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| | Estacionalidad | estac1 | | estac2 | | estac3 | | estac1 | | estac2 | | estac3 | | estac1 | | estac2 | | estac3 | |
| | Producción (kg) | P (kW) | PR (a) | P (kW) | PR (a) | P (kW) | PR (a) | P (kW) | PR (a) | P (kW) | PR (a) | P (kW) | PR (a) | P (kW) | PR (a) | P (kW) | PR (a) | P (kW) | PR (a) |
| Atacama | 1.000.000 | 53 | 14 | 55 | 14 | | | | | | | | | | | | | | |
| | 5.000.000 | | | 259 | 12 | 206 | 12 | | | | | 206 | 18 | | | | | | |
| | 20.000.000 | 478 | 10 | 498 | 10 | 398 | 10 | 478 | 14 | 498 | 14 | 398 | 14 | | | | | | |
| Coquimb | 750.705 | 43 | 14 | 45 | 14 | 36 | 15 | | | | | | | | | | | | |
| | 3.753.526 | 201 | 11 | 211 | 11 | 172 | 11 | 100 | 15 | 100 | 15 | 100 | 15 | | | | | | |
| | 15.014.105 | 390 | 9 | 819 | 10 | 669 | 10 | 390 | 13 | 409 | 13 | 334 | 13 | | | | | | |
| Valparaíso | 1.019.070 | 59 | 12 | 61 | 12 | 46 | 13 | 59 | 20 | 61 | 19 | | | | | | | | |
| | 5.095.351 | 274 | 10 | 288 | 10 | 221 | 11 | 274 | 14 | 288 | 15 | 221 | 15 | | | | | | |
| | 20.381.403 | 529 | 9 | 556 | 9 | 433 | 9 | 529 | 12 | 556 | 12 | 433 | 12 | | | | | | |
| Metropo | 1.085.900 | 61 | 15 | 64 | 14 | 49 | 16 | | | | | | | | | | | | |
| | 5.429.502 | 285 | 12 | 298 | 12 | 232 | 12 | 285 | 18 | 298 | 18 | 232 | 19 | | | | | | |
| | 21.718.008 | 549 | 10 | 575 | 10 | 452 | 10 | 549 | 14 | 575 | 14 | 452 | 15 | | | | | | |
| O'Higgins | 1.011.870 | 57 | 13 | 60 | 13 | 45 | 14 | | | | | | | | | | | | |
| | 5.059.348 | 267 | 11 | 281 | 11 | 217 | 11 | 267 | 15 | 281 | 15 | 217 | 16 | | | | | | |
| | 20.237.390 | 514 | 9 | 542 | 9 | 424 | 9 | 514 | 12 | 542 | 12 | 424 | 12 | | | | | | |
| El Maule | 1.232.023 | 67 | 13 | 70 | 13 | 53 | 14 | | | | | | | | | | | | |
| | 6.160.114 | 315 | 11 | 164 | 10 | 258 | 11 | 315 | 15 | 328 | 15 | 258 | 16 | | | | | | |
| | 24.640.456 | 1.000 | 10 | 1.000 | 10 | 506 | 10 | 1.000 | 13 | 635 | 13 | 506 | 13 | | | | | | |
| Biobío | 360.650 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 1.803.248 | 81 | 13 | 84 | 13 | 69 | 14 | | | | | | | | | | | | |
| | 7.212.993 | 311 | 12 | 322 | 12 | 268 | 12 | 311 | 18 | 322 | 18 | 268 | 20 | | | | | | |
| Araucanía | 411.783 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 2.058.914 | 93 | 14 | 98 | 14 | 80 | 15 | | | | | | | | | | | | |
| | 8.235.657 | 358 | 13 | 378 | 13 | 312 | 14 | | | | | | | | | | | | |
| Los Ríos | 596.500 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 2.982.500 | 111 | 17 | 118 | 17 | 94 | 15 | | | | | | | | | | | | |
| | 11.930.000 | 426 | 13 | 457 | 13 | 184 | 13 | | | | | | | | | | | | |
| Los Lagos | 570.000 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 2.850.000 | 98 | 16 | 109 | 19 | 94 | 16 | | | | | | | | | | | | |
| | 11.400.000 | 377 | 14 | 421 | 14 | 183 | 14 | | | | | | | | | | | | |

Tabla 87. Mini eólica. Potencia y período de retorno para los casos con menor período de retorno bajo 20 años con apalancamiento. Fuente: Elaboración propia

| | ECE | 5,2% | | | | | | 0% | | | | | | -5,2% | | | | | |
|------------|-----------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| | Estacionalidad | estac1 | | estac2 | | estac3 | | estac1 | | estac2 | | estac3 | | estac1 | | estac2 | | estac3 | |
| | Producción (kg) | P (kW) | PR (a) | P (kW) | PR (a) | P (kW) | PR (a) | P (kW) | PR (a) | P (kW) | PR (a) | P (kW) | PR (a) | P (kW) | PR (a) | P (kW) | PR (a) | P (kW) | PR (a) |
| Atacama | 1.000.000 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 5.000.000 | 100 | 18 | 100 | 18 | 100 | 18 | | | | | | | | | | | | |
| | 20.000.000 | 478 | 17 | 997 | 18 | 100 | 18 | | | | | | | | | | | | |
| Coquimb | 750.705 | 43 | 20 | 45 | 20 | | | | | | | | | | | | | | |
| | 3.753.526 | 100 | 17 | 100 | 16 | 100 | 16 | | | | | | | | | | | | |
| | 15.014.105 | 390 | 16 | 409 | 17 | 100 | 17 | | | | | | | | | | | | |
| Valparaíso | 1.019.070 | 59 | 12 | 61 | 12 | 46 | 13 | | | | | | | | | | | | |
| | 5.095.351 | 100 | 11 | 100 | 11 | 100 | 11 | | | | | | | | | | | | |
| | 20.381.403 | 1.000 | 11 | 1.000 | 11 | 100 | 11 | | | | | | | | | | | | |
| Metropol | 1.085.900 | 61 | 20 | 64 | 20 | | | | | | | | | | | | | | |
| | 5.429.502 | 100 | 17 | 100 | 17 | 100 | 17 | | | | | | | | | | | | |
| | 21.718.008 | 549 | 15 | 100 | 16 | 100 | 17 | | | | | | | | | | | | |
| O'Higgins | 1.011.870 | 57 | 13 | 60 | 13 | 45 | 14 | | | | | | | | | | | | |
| | 5.059.348 | 100 | 11 | 100 | 11 | 100 | 11 | | | | | | | | | | | | |
| | 20.237.390 | 1.000 | 10 | 1.000 | 10 | 849 | 10 | | | | | | | | | | | | |
| El Maule | 1.232.023 | 67 | 13 | 70 | 13 | 53 | 14 | | | | | | | | | | | | |
| | 6.160.114 | 100 | 12 | 100 | 12 | 100 | 12 | | | | | | | | | | | | |
| | 24.640.456 | 1.000 | 9 | 1.000 | 10 | 1.000 | 9 | | | | | | | | | | | | |
| Biobío | 360.650 | 18 | 19 | 18 | 18 | 14 | 19 | | | | | | | | | | | | |
| | 1.803.248 | 81 | 13 | 84 | 12 | 69 | 13 | | | | | | | | | | | | |
| | 7.212.993 | 100 | 12 | 100 | 12 | 100 | 12 | | | | | | | | | | | | |
| Araucanía | 411.783 | 20 | 17 | 21 | 16 | 17 | 18 | | | | | | | | | | | | |
| | 2.058.914 | 93 | 11 | 98 | 11 | 80 | 12 | | | | | | | | | | | | |
| | 8.235.657 | 100 | 12 | 100 | 12 | 100 | 12 | | | | | | | | | | | | |
| Los Ríos | 596.500 | 24 | 17 | 25 | 17 | 20 | 17 | | | | | | | | | | | | |
| | 2.982.500 | 55 | 13 | 59 | 13 | 94 | 12 | | | | | | | | | | | | |
| | 11.930.000 | 100 | 11 | 100 | 11 | 100 | 11 | | | | | | | | | | | | |
| Los Lagos | 570.000 | 21 | 17 | 23 | 16 | 20 | 17 | | | | | | | | | | | | |
| | 2.850.000 | 98 | 11 | 54 | 13 | 94 | 11 | | | | | | | | | | | | |
| | 11.400.000 | 100 | 11 | 100 | 11 | 100 | 11 | | | | | | | | | | | | |

Tabla 88. Mini eólica. Potencia y período de retorno para los casos con menor período de retorno bajo 20 años sin apalancamiento. Fuente: Elaboración propia

| | ECE | 5,2% | | | | | | 0% | | | | | | -5,2% | | | | | |
|------------|-----------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| | Estacionalidad | estac1 | | estac2 | | estac3 | | estac1 | | estac2 | | estac3 | | estac1 | | estac2 | | estac3 | |
| | Producción (kg) | P (kW) | PR (a) | P (kW) | PR (a) | P (kW) | PR (a) | P (kW) | PR (a) | P (kW) | PR (a) | P (kW) | PR (a) | P (kW) | PR (a) | P (kW) | PR (a) | P (kW) | PR (a) |
| Atacama | 1.000.000 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 5.000.000 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 20.000.000 | 956 | 20 | 498 | 20 | | | | | | | | | | | | | | |
| Coquimb | 750.705 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 3.753.526 | 100 | 20 | 100 | 19 | 100 | 19 | | | | | | | | | | | | |
| | 15.014.105 | 390 | 19 | 409 | 20 | 100 | 20 | | | | | | | | | | | | |
| Valparaíso | 1.019.070 | 59 | 16 | 61 | 16 | 46 | 17 | | | | | | | | | | | | |
| | 5.095.351 | 100 | 15 | 100 | 15 | 100 | 15 | | | | | | | | | | | | |
| | 20.381.403 | 100 | 15 | 100 | 15 | 100 | 15 | | | | | | | | | | | | |
| Metropol | 1.085.900 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 5.429.502 | 100 | 20 | 100 | 20 | 100 | 20 | | | | | | | | | | | | |
| | 21.718.008 | 549 | 19 | 575 | 19 | 100 | 20 | | | | | | | | | | | | |
| O'Higgins | 1.011.870 | 57 | 17 | 60 | 17 | 45 | 17 | | | | | | | | | | | | |
| | 5.059.348 | 100 | 15 | 100 | 15 | 100 | 15 | | | | | | | | | | | | |
| | 20.237.390 | 1.000 | 14 | 1.000 | 14 | 849 | 14 | | | | | | | | | | | | |
| El Maule | 1.232.023 | 67 | 17 | 70 | 17 | 53 | 18 | | | | | | | | | | | | |
| | 6.160.114 | 100 | 16 | 100 | 16 | 100 | 16 | | | | | | | | | | | | |
| | 24.640.456 | 1.000 | 14 | 1.000 | 14 | 1.000 | 14 | | | | | | | | | | | | |
| Biobío | 360.650 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 1.803.248 | 81 | 17 | 84 | 16 | 69 | 17 | | | | | | | | | | | | |
| | 7.212.993 | 100 | 16 | 100 | 16 | 100 | 16 | | | | | | | | | | | | |
| Araucanía | 411.783 | 20 | 20 | 21 | 20 | 17 | 20 | | | | | | | | | | | | |
| | 2.058.914 | 93 | 16 | 98 | 15 | 80 | 16 | | | | | | | | | | | | |
| | 8.235.657 | 100 | 16 | 100 | 16 | 100 | 16 | | | | | | | | | | | | |
| Los Ríos | 596.500 | 24 | 20 | 25 | 20 | 20 | 20 | | | | | | | | | | | | |
| | 2.982.500 | 55 | 17 | 59 | 17 | 94 | 16 | | | | | | | | | | | | |
| | 11.930.000 | 100 | 16 | 100 | 15 | 100 | 15 | | | | | | | | | | | | |
| Los Lagos | 570.000 | 21 | 20 | 23 | 19 | 20 | 20 | | | | | | | | | | | | |
| | 2.850.000 | 98 | 16 | 54 | 17 | 94 | 16 | | | | | | | | | | | | |
| | 11.400.000 | 100 | 15 | 100 | 15 | 100 | 15 | | | | | | | | | | | | |

Tabla 89. Mini hidráulica. Potencia y período de retorno para los casos con menor período de retorno bajo 20 años con apalancamiento. Fuente: Elaboración propia

| | ECE | 5,2% | | | | | | 0% | | | | | | -5,2% | | | | | |
|-----------|-----------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| | Estacionalidad | estac1 | | estac2 | | estac3 | | estac1 | | estac2 | | estac3 | | estac1 | | estac2 | | estac3 | |
| | Producción (kg) | P (kW) | PR (a) | P (kW) | PR (a) | P (kW) | PR (a) | P (kW) | PR (a) | P (kW) | PR (a) | P (kW) | PR (a) | P (kW) | PR (a) | P (kW) | PR (a) | P (kW) | PR (a) |
| Atacama | 1.000.000 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 5.000.000 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 20.000.000 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Coquimb | 750.705 | 43 | 6 | 45 | 6 | 36 | 6 | 43 | 8 | 11 | 7 | 18 | 7 | | | | | | |
| | 3.753.526 | 100 | 6 | 100 | 6 | 100 | 6 | 100 | 8 | 100 | 7 | 100 | 7 | | | | | | |
| | 15.014.105 | 780 | 6 | 100 | 5 | 100 | 5 | 100 | 7 | 100 | 7 | 100 | 6 | | | | | 100 | 11 |
| Valparaís | 1.019.070 | 59 | 5 | 61 | 5 | 46 | 5 | 59 | 7 | 61 | 7 | 12 | 6 | | | | | 12 | 11 |
| | 5.095.351 | 100 | 5 | 100 | 5 | 100 | 5 | 100 | 6 | 100 | 6 | 100 | 6 | | | | | | |
| | 20.381.403 | 1.000 | 5 | 1.000 | 5 | 866 | 5 | 1.000 | 6 | 1.000 | 6 | 866 | 6 | 1.000 | 8 | 1.000 | 8 | 100 | 8 |
| Metropol | 1.085.900 | 15 | 10 | 32 | 10 | 49 | 10 | | | | | | | | | | | | |
| | 5.429.502 | 100 | 10 | 100 | 10 | 100 | 10 | | | | | | | | | | | | |
| | 21.718.008 | 1.000 | 7 | 1.000 | 7 | 905 | 8 | 1.000 | 12 | 1.000 | 13 | 905 | 19 | | | | | | |
| O'Higgins | 1.011.870 | 57 | 6 | 60 | 6 | 45 | 6 | 29 | 8 | 60 | 8 | 11 | 7 | | | | | | |
| | 5.059.348 | 100 | 6 | 100 | 6 | 100 | 6 | 100 | 7 | 100 | 7 | 100 | 7 | | | | | | |
| | 20.237.390 | 1.000 | 5 | 1.000 | 5 | 849 | 5 | 1.000 | 6 | 1.000 | 6 | 100 | 6 | 1.000 | 10 | | | 100 | 13 |
| El Maule | 1.232.023 | 17 | 6 | 17 | 6 | 27 | 6 | 17 | 9 | 17 | 9 | 13 | 8 | | | | | | |
| | 6.160.114 | 100 | 6 | 100 | 6 | 100 | 6 | 100 | 9 | 100 | 9 | 100 | 8 | | | | | | |
| | 24.640.456 | 1.000 | 5 | 1.000 | 5 | 1.000 | 5 | 1.000 | 7 | 1.000 | 7 | 1.000 | 6 | | | | | | |
| Biobío | 360.650 | 18 | 6 | 5 | 5 | 7 | 5 | 9 | 7 | 18 | 7 | 4 | 6 | | | | | 4 | 10 |
| | 1.803.248 | 81 | 6 | 84 | 6 | 69 | 5 | 81 | 7 | 84 | 7 | 69 | 7 | | | | | | |
| | 7.212.993 | 100 | 5 | 100 | 5 | 100 | 5 | 100 | 7 | 100 | 7 | 100 | 6 | | | | | | |
| Araucanía | 411.783 | 5 | 5 | 5 | 5 | 17 | 5 | 20 | 7 | 21 | 7 | 4 | 6 | | | | | 4 | 10 |
| | 2.058.914 | 93 | 5 | 98 | 5 | 80 | 5 | 93 | 7 | 98 | 7 | 20 | 6 | | | | | | |
| | 8.235.657 | 100 | 5 | 100 | 5 | 100 | 5 | 100 | 6 | 100 | 6 | 100 | 6 | | | | | | |
| Los Ríos | 596.500 | 6 | 5 | 6 | 5 | 10 | 5 | 6 | 7 | 13 | 7 | 5 | 6 | | | | | 5 | 10 |
| | 2.982.500 | 28 | 5 | 30 | 5 | 47 | 5 | 55 | 7 | 59 | 7 | 23 | 6 | | | | | | |
| | 11.930.000 | 100 | 5 | 100 | 5 | 100 | 5 | 100 | 6 | 100 | 6 | 100 | 6 | | | | | | |
| Los Lagos | 570.000 | 5 | 5 | 6 | 5 | 5 | 5 | 11 | 7 | 12 | 7 | 5 | 6 | | | | | 5 | 10 |
| | 2.850.000 | 98 | 6 | 27 | 5 | 23 | 5 | 98 | 7 | 54 | 7 | 23 | 6 | | | | | | |
| | 11.400.000 | 100 | 5 | 100 | 5 | 100 | 5 | 100 | 7 | 100 | 7 | 100 | 6 | | | | | | |

Tabla 90. Mini hidráulica. Potencia y período de retorno para los casos con menor período de retorno bajo 20 años sin apalancamiento. Fuente: Elaboración propia

| | ECE | 5,2% | | | | | | 0% | | | | | | -5,2% | | | | | |
|------------|-----------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| | Estacionalidad | estac1 | | estac2 | | estac3 | | estac1 | | estac2 | | estac3 | | estac1 | | estac2 | | estac3 | |
| | Producción (kg) | P (kW) | PR (a) | P (kW) | PR (a) | P (kW) | PR (a) | P (kW) | PR (a) | P (kW) | PR (a) | P (kW) | PR (a) | P (kW) | PR (a) | P (kW) | PR (a) | P (kW) | PR (a) |
| Atacama | 1.000.000 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 5.000.000 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 20.000.000 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Coquimb | 750.705 | 43 | 10 | 45 | 10 | 36 | 10 | 11 | 14 | 11 | 14 | 9 | 13 | | | | | | |
| | 3.753.526 | 100 | 10 | 100 | 10 | 100 | 10 | 100 | 14 | 100 | 14 | 100 | 14 | | | | | | |
| | 15.014.105 | 780 | 10 | 819 | 10 | 100 | 9 | 100 | 13 | 100 | 13 | 100 | 12 | | | | | | |
| Valparaíso | 1.019.070 | 15 | 9 | 61 | 9 | 46 | 9 | 59 | 13 | 61 | 13 | 12 | 12 | | | | | | |
| | 5.095.351 | 100 | 9 | 100 | 9 | 100 | 9 | 100 | 12 | 100 | 12 | 100 | 12 | | | | | | |
| | 20.381.403 | 1.000 | 9 | 1.000 | 9 | 866 | 9 | 1.000 | 11 | 1.000 | 11 | 100 | 11 | | | | | | |
| Metropol | 1.085.900 | 61 | 15 | 16 | 14 | 12 | 14 | | | | | | | | | | | | |
| | 5.429.502 | 100 | 14 | 100 | 14 | 100 | 14 | | | | | | | | | | | | |
| | 21.718.008 | 1.000 | 12 | 1.000 | 12 | 905 | 13 | 1.000 | 20 | | | | | | | | | | |
| O'Higgins | 1.011.870 | 57 | 10 | 60 | 10 | 45 | 10 | 14 | 14 | 15 | 14 | 11 | 13 | | | | | | |
| | 5.059.348 | 100 | 10 | 100 | 10 | 100 | 10 | 100 | 14 | 100 | 14 | 100 | 14 | | | | | | |
| | 20.237.390 | 1.000 | 9 | 1.000 | 9 | 849 | 9 | 1.000 | 12 | 1.000 | 12 | 100 | 12 | | | | | | |
| El Maule | 1.232.023 | 67 | 11 | 70 | 11 | 53 | 11 | 17 | 16 | 17 | 16 | 13 | 15 | | | | | | |
| | 6.160.114 | 100 | 11 | 100 | 11 | 100 | 10 | 100 | 16 | 100 | 16 | 100 | 15 | | | | | | |
| | 24.640.456 | 1.000 | 9 | 1.000 | 9 | 1.000 | 9 | 1.000 | 13 | 1.000 | 13 | 1.000 | 12 | | | | | | |
| Biobío | 360.650 | 18 | 10 | 18 | 10 | 4 | 9 | 4 | 13 | 5 | 13 | 4 | 12 | | | | | | |
| | 1.803.248 | 81 | 10 | 84 | 10 | 17 | 9 | 20 | 13 | 84 | 13 | 69 | 13 | | | | | | |
| | 7.212.993 | 100 | 10 | 100 | 9 | 100 | 9 | 100 | 13 | 100 | 13 | 100 | 12 | | | | | | |
| Araucanía | 411.783 | 20 | 10 | 21 | 10 | 8 | 9 | 5 | 13 | 11 | 13 | 4 | 12 | | | | | | |
| | 2.058.914 | 93 | 9 | 98 | 9 | 80 | 9 | 93 | 13 | 98 | 13 | 20 | 12 | | | | | | |
| | 8.235.657 | 100 | 9 | 100 | 9 | 100 | 9 | 100 | 13 | 100 | 12 | 100 | 12 | | | | | | |
| Los Ríos | 596.500 | 24 | 10 | 25 | 10 | 5 | 9 | 6 | 13 | 6 | 13 | 5 | 12 | | | | | | |
| | 2.982.500 | 55 | 10 | 59 | 10 | 23 | 9 | 28 | 13 | 30 | 13 | 23 | 12 | | | | | | |
| | 11.930.000 | 100 | 9 | 100 | 9 | 100 | 9 | 100 | 13 | 100 | 12 | 100 | 12 | | | | | | |
| Los Lagos | 570.000 | 21 | 10 | 23 | 10 | 5 | 9 | 5 | 13 | 6 | 13 | 5 | 12 | | | | | | |
| | 2.850.000 | 98 | 10 | 54 | 10 | 23 | 9 | 24 | 13 | 27 | 13 | 23 | 12 | | | | | | |
| | 11.400.000 | 100 | 9 | 100 | 9 | 100 | 9 | 100 | 13 | 100 | 13 | 100 | 12 | | | | | | |

Tabla 91. Refrigeración con agua freática. Potencia y período de retorno para los casos de mayor tamaño con período de retorno bajo 10 años con apalancamiento.
Fuente: Elaboración propia

| | ECE | 5,2% | | | | | | 0% | | | | | | -5,2% | | | | | |
|------------|-----------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| | Estacionalidad | estac1 | | estac2 | | estac3 | | estac1 | | estac2 | | estac3 | | estac1 | | estac2 | | estac3 | |
| | Producción (kg) | P (kW) | PR (a) | P (kW) | PR (a) | P (kW) | PR (a) | P (kW) | PR (a) | P (kW) | PR (a) | P (kW) | PR (a) | P (kW) | PR (a) | P (kW) | PR (a) | P (kW) | PR (a) |
| Atacama | 1.000.000 | 53 | 10 | 55 | 10 | 44 | 8 | | | | | | | | | | | | |
| | 5.000.000 | 248 | 4 | 259 | 5 | 206 | 4 | 248 | 5 | 259 | 5 | 206 | 5 | 248 | 7 | 259 | 8 | 206 | 6 |
| | 20.000.000 | 956 | 2 | 997 | 2 | 796 | 2 | | | | | | | | | | | | |
| Coquimb | 750.705 | | | | | 36 | 10 | | | | | | | | | | | | |
| | 3.753.526 | 201 | 6 | 211 | 6 | 172 | 5 | 201 | 7 | 211 | 7 | 172 | 7 | | | | | | |
| | 15.014.105 | 780 | 2 | 819 | 2 | 669 | 3 | 780 | 3 | | | 669 | 3 | 780 | 3 | 819 | 3 | 669 | 3 |
| Valparaíso | 1.019.070 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 5.095.351 | 274 | 8 | 288 | 8 | 221 | 8 | | | | | | | | | | | | |
| | 20.381.403 | 1.000 | 2 | 1.000 | 2 | 866 | 3 | | | | | 866 | 3 | | | | | 866 | 3 |
| Metropo | 1.085.900 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 5.429.502 | 285 | 6 | 298 | 6 | 232 | 6 | 285 | 9 | 298 | 9 | 232 | 10 | | | | | | |
| | 21.718.008 | 1.000 | 2 | 1.000 | 2 | 905 | 2 | | | | | 905 | 3 | | | | | 905 | 3 |
| O'Higgins | 1.011.870 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 5.059.348 | 267 | 7 | 281 | 7 | 217 | 7 | 267 | 10 | | | 217 | 10 | | | | | | |
| | 20.237.390 | 1.000 | 2 | 1.000 | 2 | 849 | 3 | | | | | 849 | 3 | | | | | 849 | 3 |
| El Maule | 1.232.023 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 6.160.114 | 315 | 5 | 328 | 5 | 258 | 5 | 315 | 6 | 328 | 6 | 258 | 7 | | | | | | |
| | 24.640.456 | 1.000 | 2 | 1.000 | 2 | 1.000 | 2 | | | | | | | | | | | | |
| Biobío | 360.650 | | | | | 14 | 16 | | | | | | | | | | | | |
| | 1.803.248 | | | | | 69 | 10 | | | | | | | | | | | | |
| | 7.212.993 | 311 | 5 | 322 | 5 | 268 | 5 | 311 | 6 | 322 | 6 | 268 | 6 | 311 | 9 | 322 | 9 | | |
| Araucanía | 411.783 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 2.058.914 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 8.235.657 | 358 | 5 | 378 | 5 | 312 | 5 | 358 | 5 | 378 | 5 | 312 | 6 | 358 | 7 | 378 | 8 | | |
| Los Ríos | 596.500 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 2.982.500 | 111 | 7 | 118 | 8 | 94 | 7 | | | | | | | | | | | | |
| | 11.930.000 | 426 | 3 | 457 | 3 | 367 | 4 | 426 | 4 | 457 | 4 | 367 | 4 | 426 | 4 | 457 | 4 | 367 | 5 |
| Los Lagos | 570.000 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 2.850.000 | 98 | 7 | 109 | 7 | 94 | 7 | | | | | | | | | | | | |
| | 11.400.000 | 377 | 4 | 421 | 3 | 366 | 4 | 377 | 4 | 421 | 4 | 366 | 4 | 377 | 4 | 421 | 4 | 366 | 4 |

Tabla 92. Refrigeración con agua freática. Potencia y período de retorno para los casos de mayor tamaño con período de retorno bajo 10 años sin apalancamiento.
Fuente: Elaboración propia

| | ECE | 5,2% | | | | | | 0% | | | | | | -5,2% | | | | | |
|------------|-----------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| | Estacionalidad | estac1 | | estac2 | | estac3 | | estac1 | | estac2 | | estac3 | | estac1 | | estac2 | | estac3 | |
| | Producción (kg) | P (kW) | PR (a) | P (kW) | PR (a) | P (kW) | PR (a) | P (kW) | PR (a) | P (kW) | PR (a) | P (kW) | PR (a) | P (kW) | PR (a) | P (kW) | PR (a) | P (kW) | PR (a) |
| Atacama | 1.000.000 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 5.000.000 | | | 259 | 8 | 206 | 8 | | | | | 206 | 10 | | | | | | |
| | 20.000.000 | 956 | 3 | 997 | 3 | 796 | 4 | 956 | 3 | 997 | 3 | 796 | 4 | 956 | 4 | 997 | 4 | 796 | 4 |
| Coquimb | 750.705 | 43 | 16 | 45 | 16 | | | | | | | | | | | | | | |
| | 3.753.526 | 201 | 10 | 211 | 10 | 172 | 9 | | | | | | | | | | | | |
| | 15.014.105 | 780 | 4 | 819 | 4 | 669 | 5 | 780 | 5 | 819 | 4 | 669 | 5 | 780 | 5 | 819 | 5 | 669 | 6 |
| Valparaíso | 1.019.070 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 5.095.351 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 20.381.403 | 1.000 | 4 | 1.000 | 4 | 866 | 5 | 1.000 | 4 | 1.000 | 4 | 866 | 5 | 1.000 | 5 | 1.000 | 4 | 866 | 6 |
| Metropo | 1.085.900 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 5.429.502 | 285 | 10 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 21.718.008 | 1.000 | 3 | 1.000 | 3 | 905 | 4 | 1.000 | 4 | 1.000 | 3 | 905 | 5 | 1.000 | 4 | 1.000 | 4 | 905 | 5 |
| O'Higgins | 1.011.870 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 5.059.348 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 20.237.390 | 1.000 | 4 | 1.000 | 4 | 849 | 4 | 1.000 | 4 | 1.000 | 4 | 849 | 5 | 1.000 | 4 | 1.000 | 4 | 849 | 5 |
| El Maule | 1.232.023 | | | | | 53 | 16 | | | | | | | | | | | | |
| | 6.160.114 | 315 | 9 | 328 | 9 | 258 | 10 | | | | | | | | | | | | |
| | 24.640.456 | 1.000 | 3 | 1.000 | 3 | 1.000 | 4 | 1.000 | 3 | 1.000 | 3 | 1.000 | 4 | 1.000 | 3 | 1.000 | 3 | 1.000 | 4 |
| Biobío | 360.650 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 1.803.248 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 7.212.993 | 311 | 9 | 322 | 9 | 268 | 9 | | | | | | | | | | | | |
| Araucanía | 411.783 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 2.058.914 | | | 98 | 16 | | | | | | | | | | | | | | |
| | 8.235.657 | 358 | 8 | 378 | 8 | 312 | 9 | | | | | | | | | | | | |
| Los Ríos | 596.500 | | | | | 20 | 16 | | | | | | | | | | | | |
| | 2.982.500 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 11.930.000 | 426 | 6 | 457 | 6 | 367 | 7 | 426 | 7 | 457 | 7 | 367 | 8 | 426 | 10 | 457 | 10 | | |
| Los Lagos | 570.000 | 21 | 16 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 2.850.000 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 11.400.000 | 377 | 6 | 421 | 6 | 366 | 7 | 377 | 8 | 421 | 7 | 366 | 8 | 377 | 10 | 421 | 10 | 366 | 10 |

8.5.3. Interpretación de resultados

A continuación se diserta sobre los resultados para interpretar y comprender las dinámicas observadas. Se acompaña de miniaturas de las tablas de resultados para facilitar e ilustrar la lectura.

8.5.3.1. Solar Fotovoltaica

Los sistemas bajo los 100kW no arrojan buenos resultados, con períodos de retorno generalizados por sobre los 10 años en todo el país, a pesar de sus buenas condiciones de inyección. Esto se debe a los altos costos de inversión y mantenimiento de los sistemas de pequeña potencia, pues los resultados mejoran al acercarse a los 100kW. Si consideramos apalancamiento financiero, estos resultados bajan por debajo de los 10 años incluso con escenarios de estancamiento del precio de la electricidad.

Se observa además que los proyectos inferiores a esta potencia podrían ser más factibles hasta la región del Maule, posiblemente debido a que el recurso solar y la producción a partir de ese punto disminuye considerablemente.

Luego en el rango por sobre 100 kW y bajo 1 MW los resultados muestran escenarios favorables a lo largo de todo el país, con horizontes de recuperación entre los 5 y los 11 años para un escenario optimista en el precio de la energía.

Importante también destacar el impacto del apalancamiento que puede aumentar en 2-4 años el período de retorno para elevados incrementos del costo de la energía, pero hasta 10 años en escenarios de decrecimiento.

Si hubiera un escenario de decrecimiento en el precio de la energía, sólo se observan posibilidades para los packings en la región de O'Higgins y Valparaíso, y de mediano tamaño.

Con todo, podemos concluir que la solar fotovoltaica puede ser una alternativa rentable con cortos períodos de retorno, bajo los 10 años, tanto para proyectos de menos de 100kW para Packings pequeños, así como para proyectos PMGD para packings medianos y grandes.

Cabe destacar que las observaciones no son en ningún caso concluyentes y se hacen sobre una base de hipótesis que podrían afectar los resultados considerablemente en relación a un caso real.

8.5.3.2. *Mini eólica*

En la mini eólica se observa de forma incluso más extrema el salto entre la Ley 20.751 y los PMGD: Los sistemas con rentabilidades razonables saltan de los 100kW al 1MW con muy pocos proyectos en potencias medias.

Los números son bastante peores que los de la fotovoltaica, pues solo existen opciones con retornos de 10 años para sistemas sobre el 1MW. Esto se debe a la baja competitividad de esta tecnología a baja escala: altos costos de inversión y mantenimiento a pesar de tener buenos factores de planta, que sólo se compensan con muy altos costos de la electricidad, principalmente en sistemas aislados.

Lo dicho hasta el momento se refiere a escenarios apalancados y con evoluciones positivas del costo de la electricidad, mas no hay visos de rentabilidad para otros escenarios de evolución del costo de la electricidad o con autofinanciamiento de las inversiones.

Como en el caso anterior, el PMGD obtiene su rentabilidad de la demanda y de su continuidad, que encontramos en Maule y O'Higgins, independientemente del recurso.

En resumen, en base a las hipótesis consideradas, se observa que los proyectos de generación eólica tienen periodos de retorno relativamente altos, muy posiblemente debido a que el tamaño de proyectos a instalar (considerando el tamaño de la industria), permite proyectos de pequeña envergadura que no son económicamente recomendables, debido a las economías de escala de la tecnología y sus servicios requeridos.

8.5.3.3. *Mini hidráulica*

Como la eólica, la mini hidro es muy sensible a la evolución del costo de la electricidad, llegando a ser inviable en cualquier caso para evoluciones negativas del costo de la energía sin apalancamiento, pero en general los resultados arrojan opciones viables en casi todo el país, excepto Atacama, en dónde se consideró que no existen fuentes energéticas para tal fin.

Con respecto a las potencias de los sistemas ocurre lo mismo que con la anterior, de 100kW a 1MW, pero con la salvedad que sí que existen sistemas rentables para potencias muy pequeñas, incluso bajo los 10kW, debido a que existe tecnología optimizadas para estas aplicaciones.

Como se puede observar, las plantas viables en PMGD van asociadas a grandes demandas con buena estacionalidad.

El efecto del apalancamiento es también muy importante para viabilizar las operaciones.

Cabe destacar que los resultados hacen referencia a un recurso teórico con un régimen de aguas correspondiente a la Región, pero que debe existir dicho recurso en los alrededores del Packing.

También existe una cierta incertidumbre en torno a los costes de inversión y operación, sobre todo para proyectos de pequeña escala, pues los puntos utilizados para las regresiones muestran comportamientos sin un comportamiento claro en función de la escala.

Así pues, en caso de que las hipótesis se acerquen a un caso de estudio, será posible encontrar intervenciones rentables desde los 5kW al 1MW.

8.5.3.4. *Solar Térmica*

Los resultados para la solar térmica en el sector del packing son de inviabilidad financiera. Esto se debe a varios factores.

Primeramente hay una cuestión de **tamaño**. La demanda de calor en forma de agua caliente es baja, lo que arroja dimensionados pequeños. Por ejemplo en Atacama, para un aporte solar del 60% en un Packing grande, estaríamos hablando de 18m². El caso más grande lo encontramos en el Maule, con 135m² para las mismas condiciones. Estos sistemas presentan costos específicos de inversión y mantenimiento muy elevados, lo que afecta mucho a su rentabilidad.

Por otra parte se identifica el tema de la **estacionalidad**. Así como las renovables eléctricas dependen sólo parcialmente del autoconsumo, pues pueden inyectar su excedente a la red a la misma tarifa (Ley 20.571) o a una menor pero garantizada (PMGD) aun cuando no hay consumo alguno, en el caso de las renovables térmicas sólo si hay demanda se puede “inyectar”. La acumulación de calor en estas escalas tiene una cobertura horaria, no estacional, por lo que se cubre el desfase horario, pero no el estacional. Esto hace la amortización de estas inversiones se alarguen a raíz de los meses de no operación, fenómeno que, además no es proporcional en tiempo si no afectado por la distribución estacional de la producción solar, muy excéntrica.

Finalmente se añade a todo esto que los Packings con mayor consumo de calor se encuentran en el centro sur, siendo los del norte los que tienen requerimientos más pequeños, con lo que el recurso solar se distribuye inverso a la demanda

Tabla 93. Tamaño de sistemas solares térmicos para Packings medianos con aporte solar 60%. Fuente: Elaboración propia

| Región | Tamaño SST (m2) |
|---------------|-----------------|
| Araucanía | 13 |
| Atacama | 5 |
| Biobío | 6 |
| Coquimbo | 12 |
| El Maule | 34 |
| Los Lagos | 3 |
| Los Ríos | 5 |
| Metropolitana | 16 |
| O'Higgins | 17 |
| Valparaíso | 10 |

8.5.3.5. Refrigeración con agua freática

Tal como se observa en los resultados del análisis con apalancamiento financiero, la modificación del sistema de refrigeración con condensación por agua freática, tiene sentido en todos los casos con climas más o menos cálidos, desde Atacama hasta el Maule, sin embargo, los climas más extremos benefician las ganancias térmicas y por ende los periodos de retorno.

Cabe destacar que estos resultados no se ven afectados prácticamente por la estacionalidad y que, a pesar de ser sensibles a la evolución del precio de la electricidad, ésta empeora, pero no inviabiliza las operaciones en los casos con apalancamiento, aunque sí que lo hace para casos autofinanciados con evolución negativa del costo de la electricidad.

Por todo ello se puede concluir que se trata de una intervención muy interesante y robusta, recomendable a todos los Packing de gran capacidad, mientras mayor el tamaño, más rápida la recuperación, por las economías de escala.

8.5.3.6. Cogeneración con biodigestión

Los resultados para la Cogeneración con Biodigestión en el sector del packing son de inviabilidad financiera. Esto se debe a varios factores.

En primer lugar es importante comprender que la cogeneración logra su rentabilidad gracias precisamente al aprovechamiento simultáneo de calor de proceso y electricidad, requiriéndose unas condiciones muy especiales para que un sistema sea rentable sin el aprovechamiento del calor, como sería el hecho que la electricidad fuera muy costosa, pero no es el caso.

Los cálculos realizados para sistemas dimensionados para la demanda eléctrica, muestran que los sistemas no se rentabilizan en ningún caso por debajo de los 25 años, esto debido a que cerca del 90% del calor producido se pierde (no se utiliza para ningún fin).

Lo mismo ocurre con los sistemas dimensionados para la demanda térmica (en que se consume todo lo producido de calor y de electricidad), no se encontraron casos con rentabilidad inferior a 25 años.

Esto se explica en la cuestión del **tamaño**, tal como ocurre con los sistemas solares térmicos. La demanda de calor en forma de agua caliente es baja, lo que arroja dimensionados pequeños que comportan costos específicos de inversión y mantenimiento muy elevados, lo que afecta mucho a su rentabilidad.

Por otra parte se da también el problema de la **estacionalidad**, pues a pesar que la valorización de la generación eléctrica depende sólo parcialmente del autoconsumo, pues pueden inyectar su excedente a la red a la misma tarifa (Ley 20.571) o a una menor pero garantizada (PMGD) aun cuando no hay consumo alguno, el calor, y por lo tanto la operación, sí que está afectado de dicha estacionalidad de la demanda.

La acumulación de calor en estas escalas tiene una cobertura horaria, no estacional, por lo que se cubre el desfase horario, pero no el estacional. Esto hace la amortización de estas inversiones se alarguen a raíz de los meses de no operación.

8.6. Descripción de casos destacados

De entre todos los casos viables identificados en los análisis, en este punto se presentan con mayor detalle los casos de fotovoltaica y aprovechamiento freático, correspondientes a las variables de contorno más favorables.

Tabla 94. Fotovoltaica. Indicadores técnicos y financieros para el caso de estacionalidad 1, apalancamiento 70% y evolución costo electricidad +5,2% para todas las regiones y tamaños. Fuente: Elaboración propia

| | Producción (kg/a) | Potencia (kW) | Inversión (CLP) | Apalancamiento | Aporte anual (kWh/a) | Ahorro económico (CLP/a) | Período de retorno (años) | TIR a 20 años | VAN a 20 años (CLP) |
|---------------|-------------------|---------------|-----------------|----------------|----------------------|--------------------------|---------------------------|---------------|---------------------|
| Atacama | 1.000.000 | 53 | 60.771.990 | 70% | 59.899 | 5.835.942 | 10 | 17% | 29.590.226 |
| | 5.000.000 | 248 | 193.899.181 | 70% | 269.977 | 22.856.442 | 7 | 25% | 155.003.488 |
| | 20.000.000 | 478 | 366.847.874 | 70% | 698.336 | 48.435.715 | 6 | 31% | 384.501.187 |
| Coquimbo | 750.705 | 43 | 52.620.711 | 70% | 47.713 | 5.117.297 | 10 | 17% | 26.602.709 |
| | 3.753.526 | 201 | 158.379.649 | 70% | 218.813 | 20.182.147 | 6 | 28% | 147.461.099 |
| | 15.014.105 | 390 | 300.395.985 | 70% | 568.856 | 43.089.786 | 5 | 35% | 365.128.974 |
| Valparaíso | 1.019.070 | 59 | 64.613.946 | 70% | 66.510 | 7.134.058 | 8 | 23% | 45.335.002 |
| | 5.095.351 | 274 | 212.902.139 | 70% | 303.658 | 28.281.793 | 6 | 31% | 220.366.910 |
| | 20.381.403 | 529 | 405.035.679 | 70% | 785.152 | 60.282.322 | 5 | 37% | 530.347.477 |
| Metropolitana | 1.085.900 | 61 | 66.349.611 | 70% | 67.336 | 6.271.289 | 10 | 16% | 30.191.027 |
| | 5.429.502 | 285 | 221.452.333 | 70% | 306.962 | 26.117.521 | 7 | 25% | 179.066.922 |
| | 21.718.008 | 549 | 420.455.059 | 70% | 763.188 | 55.096.765 | 6 | 31% | 436.175.781 |
| O'Higgins | 1.011.870 | 57 | 63.531.434 | 70% | 63.566 | 6.603.033 | 9 | 20% | 38.363.029 |
| | 5.059.348 | 267 | 207.768.456 | 70% | 291.107 | 27.084.059 | 6 | 30% | 206.822.241 |
| | 20.237.390 | 514 | 394.250.653 | 70% | 743.898 | 57.526.448 | 5 | 36% | 498.213.182 |
| El Maipo | 1.232.023 | 67 | 70.569.429 | 70% | 72.452 | 7.607.887 | 8 | 21% | 46.082.469 |

| | | | | | | | | | |
|-----------|------------|-----|-------------|-----|---------|------------|----|-----|-------------|
| | 6.160.114 | 315 | 244.344.646 | 70% | 334.403 | 31.303.634 | 6 | 29% | 237.074.895 |
| | 24.640.456 | 610 | 466.186.375 | 70% | 837.775 | 66.210.085 | 5 | 35% | 563.623.341 |
| Biobío | 360.650 | 0 | 0 | 0% | 0 | 0 | 0 | 0% | 0 |
| | 1.803.248 | 81 | 79.923.044 | 70% | 86.704 | 8.619.834 | 8 | 21% | 51.286.127 |
| | 7.212.993 | 311 | 241.022.433 | 70% | 326.320 | 28.043.771 | 7 | 25% | 190.157.397 |
| Araucanía | 411.783 | 0 | 0 | 0% | 0 | 0 | 0 | 0% | 0 |
| | 2.058.914 | 93 | 87.527.429 | 70% | 94.079 | 8.604.034 | 10 | 17% | 42.570.129 |
| | 8.235.657 | 358 | 276.644.019 | 70% | 355.845 | 29.074.396 | 8 | 21% | 172.356.416 |
| Los Ríos | 596.500 | 0 | 0 | 0% | 0 | 0 | 0 | 0% | 0 |
| | 2.982.500 | 111 | 104.441.702 | 70% | 107.247 | 9.019.525 | 13 | 11% | 31.143.290 |
| | 11.930.000 | 426 | 327.658.436 | 70% | 407.159 | 34.515.650 | 8 | 21% | 207.745.482 |
| Los Lagos | 570.000 | 0 | 0 | 0% | 0 | 0 | 0 | 0% | 0 |
| | 2.850.000 | 98 | 90.238.227 | 70% | 90.906 | 8.012.954 | 12 | 12% | 30.463.412 |
| | 11.400.000 | 189 | 148.816.511 | 70% | 206.264 | 15.205.962 | 9 | 18% | 80.091.985 |

Tabla 95. Fotovoltaica. Indicadores técnicos y financieros para el caso de estacionalidad 1, sin apalancamiento y evolución costo electricidad +5,2% para todas las regiones y tamaños. Fuente: Elaboración propia

| | Producción (kg/a) | Potencia (kW) | Inversión (CLP) | Apalancamiento | Aporte anual (kWh/a) | Ahorro económico (CLP/a) | Período de retorno (años) | TIR a 20 años | VAN a 20 años (CLP) |
|----------|-------------------|---------------|-----------------|----------------|----------------------|--------------------------|---------------------------|---------------|---------------------|
| Atacama | 1.000.000 | 53 | 60.771.990 | 0% | 59.899 | 5.835.942 | 14 | 7% | 26.176.447 |
| | 5.000.000 | 0 | 0 | 0% | 0 | 0 | 0 | 0% | 0 |
| | 20.000.000 | 478 | 366.847.874 | 0% | 698.336 | 48.435.715 | 10 | 14% | 363.894.037 |
| Coquimbo | 750.705 | 43 | 52.620.711 | 0% | 47.713 | 5.117.297 | 14 | 8% | 23.646.817 |
| | 3.753.52 | 201 | 158.379.649 | 0% | 218.813 | 20.182.147 | 11 | 13% | 138.564.351 |

| | | | | | | | | | |
|---------------|------------|-------|-------------|----|-----------|-------------|----|-----|-------------|
| | 6 | | | | | | | | |
| | 15.014.105 | 390 | 300.395.985 | 0% | 568.856 | 43.089.786 | 9 | 16% | 348.254.663 |
| Valparaíso | 1.019.070 | 59 | 64.613.946 | 0% | 66.510 | 7.134.058 | 12 | 10% | 41.705.406 |
| | 5.095.351 | 274 | 212.902.139 | 0% | 303.658 | 28.281.793 | 10 | 14% | 208.407.440 |
| | 20.381.403 | 529 | 405.035.679 | 0% | 785.152 | 60.282.322 | 9 | 17% | 507.595.183 |
| Metropolitana | 1.085.900 | 61 | 66.349.611 | 0% | 67.336 | 6.271.289 | 15 | 7% | 26.463.933 |
| | 5.429.502 | 285 | 221.452.333 | 0% | 306.962 | 26.117.521 | 12 | 11% | 166.627.157 |
| | 21.718.008 | 549 | 420.455.059 | 0% | 763.188 | 55.096.765 | 10 | 14% | 412.557.325 |
| O'Higgins | 1.011.870 | 57 | 63.531.434 | 0% | 63.566 | 6.603.033 | 13 | 9% | 34.794.242 |
| | 5.059.348 | 267 | 207.768.456 | 0% | 291.107 | 27.084.059 | 11 | 14% | 195.151.148 |
| | 20.237.390 | 514 | 394.250.653 | 0% | 743.898 | 57.526.448 | 9 | 16% | 476.066.720 |
| El Maule | 1.232.023 | 67 | 70.569.429 | 0% | 72.452 | 7.607.887 | 13 | 10% | 42.118.333 |
| | 6.160.114 | 315 | 244.344.646 | 0% | 334.403 | 31.303.634 | 11 | 13% | 223.349.188 |
| | 24.640.456 | 1.000 | 760.180.000 | 0% | 1.156.574 | 102.108.739 | 10 | 15% | 794.596.317 |
| Biobío | 360.650 | 0 | 0 | 0% | 0 | 0 | 0 | 0% | 0 |
| | 1.803.248 | 81 | 79.923.044 | 0% | 86.704 | 8.619.834 | 13 | 9% | 46.796.566 |
| | 7.212.993 | 311 | 241.022.433 | 0% | 326.320 | 28.043.771 | 12 | 11% | 176.618.309 |
| Araucanía | 411.783 | 0 | 0 | 0% | 0 | 0 | 0 | 0% | 0 |
| | 2.058.914 | 93 | 87.527.429 | 0% | 94.079 | 8.604.034 | 14 | 7% | 37.653.402 |
| | 8.235.657 | 358 | 276.644.019 | 0% | 355.845 | 29.074.396 | 13 | 9% | 156.816.338 |
| Los Ríos | 596.500 | 0 | 0 | 0% | 0 | 0 | 0 | 0% | 0 |
| | 2.982.500 | 111 | 104.441.702 | 0% | 107.247 | 9.019.525 | 17 | 4% | 25.276.428 |
| | 11.930.0 | 426 | 327.658.436 | 0% | 407.159 | 34.515.650 | 13 | 9% | 189.339.742 |

| | | | | | | | | | |
|-----------|------------|-----|-------------|----|---------|------------|----|----|-------------|
| | 00 | | | | | | | | |
| Los Lagos | 570.000 | 0 | 0 | 0% | 0 | 0 | 0 | 0% | 0 |
| | 2.850.000 | 98 | 90.238.227 | 0% | 90.906 | 8.012.954 | 16 | 5% | 25.394.409 |
| | 11.400.000 | 377 | 290.953.022 | 0% | 345.625 | 28.465.500 | 14 | 8% | 133.172.122 |

Tabla 96. Refrigeración con agua freática. Indicadores técnicos y financieros para el caso de estacionalidad 1, apalancamiento 70% y evolución costo electricidad +5,2% para todas las regiones y tamaños. Fuente: Elaboración propia

| | Producción (kg/a) | Potencia (kW) | Inversión (CLP) | Apalancamiento | Aporte anual (kWh/a) | Ahorro económico (CLP/a) | Período de retorno (años) | TIR a 20 años | VAN a 20 años (CLP) |
|---------------|-------------------|---------------|-----------------|----------------|----------------------|--------------------------|---------------------------|---------------|---------------------|
| Atacama | 1.000.000 | 53 | 15.607.850 | 70% | 28.749 | 1.777.193 | 10 | 18% | 8.138.080 |
| | 5.000.000 | 248 | 40.258.065 | 70% | 120.366 | 7.440.619 | 4 | 44% | 64.850.976 |
| | 20.000.000 | 956 | 45.567.431 | 70% | 432.896 | 26.760.220 | 2 | 183% | 354.966.733 |
| Coquimb | 750.705 | 0 | 0 | 70% | 0 | 0 | 0 | 0% | 0 |
| | 3.753.526 | 201 | 36.215.000 | 70% | 82.922 | 5.680.585 | 6 | 34% | 42.788.003 |
| | 15.014.105 | 780 | 50.655.421 | 70% | 296.401 | 20.304.910 | 2 | 118% | 249.610.850 |
| Valparaíso | 1.019.070 | 0 | 0 | 70% | 0 | 0 | 0 | 0% | 0 |
| | 5.095.351 | 274 | 42.098.712 | 70% | 73.062 | 5.151.001 | 8 | 21% | 27.438.391 |
| | 20.381.403 | 1.000 | 41.355.268 | 70% | 257.828 | 18.177.321 | 2 | 131% | 228.354.206 |
| Metropolitana | 1.085.900 | 0 | 0 | 70% | 0 | 0 | 0 | 0% | 0 |
| | 5.429.502 | 285 | 42.861.395 | 70% | 90.602 | 6.244.977 | 6 | 30% | 43.299.399 |
| | 21.718.008 | 1.000 | 39.416.026 | 70% | 321.378 | 22.151.776 | 2 | 174% | 291.756.431 |
| O'Higgins | 1.011.870 | 0 | 0 | 70% | 0 | 0 | 0 | 0% | 0 |
| | 5.059.348 | 267 | 41.621.700 | 70% | 80.166 | 5.785.549 | 7 | 28% | 37.766.351 |
| | 20.237.390 | 1.000 | 42.632.046 | 70% | 284.899 | 20.561.059 | 2 | 146% | 263.387.256 |
| El Maule | 1.232.023 | 0 | 0 | 70% | 0 | 0 | 0 | 0% | 0 |
| | 6.160.114 | 315 | 44.718.601 | 70% | 101.487 | 7.479.358 | 5 | 38% | 59.973.326 |
| | 24.640.456 | 1.000 | 32.920.746 | 70% | 362.804 | 26.737.733 | 2 | 262% | 370.137.160 |
| Biobío | 360.650 | 0 | 0 | 70% | 0 | 0 | 0 | 0% | 0 |
| | 1.803.248 | 0 | 0 | 70% | 0 | 0 | 0 | 0% | 0 |
| | 7.212.993 | 311 | 44.465.079 | 70% | 115.987 | 7.826.946 | 5 | 41% | 65.621.159 |
| Araucanía | 411.783 | 0 | 0 | 70% | 0 | 0 | 0 | 0% | 0 |
| | 2.058.914 | 0 | 0 | 70% | 0 | 0 | 0 | 0% | 0 |
| | 8.235.657 | 358 | 46.921.128 | 70% | 124.549 | 8.549.856 | 5 | 43% | 73.707.364 |
| Los Ríos | 596.500 | 0 | 0 | 70% | 0 | 0 | 0 | 0% | 0 |
| | 2.982.500 | 111 | 25.552.364 | 70% | 47.206 | 3.417.856 | 7 | 26% | 21.128.012 |

| | | | | | | | | | |
|--------------|------------|-----|------------|-----|---------|------------|---|-----|-------------|
| | 11.930.000 | 426 | 49.529.887 | 70% | 166.472 | 12.053.019 | 3 | 64% | 124.293.703 |
| Los Lagos | 570.000 | 0 | 0 | 70% | 0 | 0 | 0 | 0% | 0 |
| | 2.850.000 | 98 | 23.615.129 | 70% | 44.469 | 3.204.628 | 7 | 26% | 20.230.858 |
| | 11.400.000 | 377 | 47.754.385 | 70% | 156.258 | 11.260.529 | 4 | 61% | 114.304.259 |

Tabla 97. Refrigeración con agua freática. Indicadores técnicos y financieros para el caso de estacionalidad 1, sin apalancamiento y evolución costo electricidad +5,2% para todas las regiones y tamaños. Fuente: Elaboración propia

| | Producción (kg/a) | Potencia (kW) | Inversión (CLP) | Apalancamiento | Aporte anual (kWh/a) | Ahorro económico (CLP/a) | Período de retorno (años) | TIR a 20 años | VAN a 20 años (CLP) |
|---------------|----------------------|------------------|--------------------|----------------|-------------------------|-----------------------------|------------------------------|------------------|------------------------|
| Atacama | 1.000.000 | 0 | 0 | 70% | 0 | 0 | 0 | 0% | 0 |
| | 5.000.000 | 0 | 0 | 70% | 0 | 0 | 0 | 0% | 0 |
| | 20.000.000 | 956 | 45.567.431 | 70% | 432.896 | 26.760.220 | 3 | 65% | 352.407.049 |
| Coquimb | 750.705 | 43 | 13.309.674 | 70% | 19.983 | 1.368.916 | 16 | 5% | 3.941.363 |
| | 3.753.526 | 201 | 36.215.000 | 70% | 82.922 | 5.680.585 | 10 | 16% | 40.753.677 |
| | 15.014.105 | 780 | 50.655.421 | 70% | 296.401 | 20.304.910 | 4 | 45% | 246.765.355 |
| Valparaíso | 1.019.070 | 0 | 0 | 70% | 0 | 0 | 0 | 0% | 0 |
| | 5.095.351 | 0 | 0 | 70% | 0 | 0 | 0 | 0% | 0 |
| | 20.381.403 | 1.000 | 41.355.268 | 70% | 257.828 | 18.177.321 | 4 | 49% | 226.031.134 |
| Metropolitana | 1.085.900 | 0 | 0 | 70% | 0 | 0 | 0 | 0% | 0 |
| | 5.429.502 | 285 | 42.861.395 | 70% | 90.602 | 6.244.977 | 10 | 14% | 40.891.722 |
| | 21.718.008 | 1.000 | 39.416.026 | 70% | 321.378 | 22.151.776 | 3 | 62% | 289.542.292 |
| O'Higgins | 1.011.870 | 0 | 0 | 70% | 0 | 0 | 0 | 0% | 0 |
| | 5.059.348 | 0 | 0 | 70% | 0 | 0 | 0 | 0% | 0 |
| | 20.237.390 | 1.000 | 42.632.046 | 70% | 284.899 | 20.561.059 | 4 | 54% | 260.992.462 |
| El Maule | 1.232.023 | 0 | 0 | 70% | 0 | 0 | 0 | 0% | 0 |
| | 6.160.114 | 315 | 44.718.601 | 70% | 101.487 | 7.479.358 | 9 | 17% | 57.461.323 |
| | 24.640.456 | 1.000 | 32.920.746 | 70% | 362.804 | 26.737.733 | 3 | 89% | 368.287.885 |
| Biobío | 360.650 | 0 | 0 | 70% | 0 | 0 | 0 | 0% | 0 |
| | 1.803.248 | 0 | 0 | 70% | 0 | 0 | 0 | 0% | 0 |
| | 7.212.993 | 311 | 44.465.079 | 70% | 115.987 | 7.826.946 | 9 | 18% | 63.123.398 |
| Araucanía | 411.783 | 0 | 0 | 70% | 0 | 0 | 0 | 0% | 0 |
| | 2.058.914 | 0 | 0 | 70% | 0 | 0 | 0 | 0% | 0 |
| | 8.235.657 | 358 | 46.921.128 | 70% | 124.549 | 8.549.856 | 8 | 19% | 71.071.637 |
| Los Ríos | 596.500 | 0 | 0 | 70% | 0 | 0 | 0 | 0% | 0 |
| | 2.982.500 | 0 | 0 | 70% | 0 | 0 | 0 | 0% | 0 |
| | 11.930.000 | 426 | 49.529.887 | 70% | 166.472 | 12.053.019 | 6 | 27% | 121.511.433 |
| Los Lagos | 570.000 | 21 | 7.812.434 | 70% | 10.982 | 791.437 | 16 | 5% | 2.127.982 |
| | 2.850.000 | 0 | 0 | 70% | 0 | 0 | 0 | 0% | 0 |
| | 11.400.000 | 377 | 47.754.385 | 70% | 156.258 | 11.260.529 | 6 | 26% | 111.621.725 |

8.7. Desarrollo de caso ejemplo

De entre todos los casos viables identificados en los análisis, en este punto se desarrolla de forma detallada un caso de fotovoltaica a modo de ejemplo.

Tabla 98 Zona climática y producción total para caso desarrollado. Fuente: Elaboración propia

| Zona climática | El Maule |
|-----------------------------|------------|
| Volumen de producción total | 24.640.456 |

El packing desarrollado a continuación corresponde a una unidad productiva localizada en la región del Maule con una producción estimada en 24.640.456 kilogramos de fruta al año. Este corresponde al mayor tamaño simulado dentro de la región.

Tabla 99 Estimación de la producción. Fuente: Elaboración propia

| Fruta | Enero | Febrero | Marzo | Abril | Mayo | Junio | Julio | Agosto | Septiembre | Octubre | Noviembre | Diciembre |
|-----------------|--------------|--------------|--------------|------------|------|-------|-------|--------|------------|--------------|--------------|--------------|
| Vid de mesa (B) | 29.228 | 18.775 | 7.775 | 2.120 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2.120 | 7.775 | 18.775 | 29.228 |
| Manzano (A) | 2.990.370 | 1.920.872 | 795.446 | 216.871 | 0 | 0 | 0 | 0 | 216.871 | 795.446 | 1.920.872 | 2.990.370 |
| Palto (M) | 585 | 376 | 156 | 42 | 0 | 0 | 0 | 0 | 42 | 156 | 376 | 585 |
| Cerezo (B) | 1.075.392 | 690.781 | 286.057 | 77.991 | 0 | 0 | 0 | 0 | 77.991 | 286.057 | 690.781 | 1.075.392 |
| Ciruelo (M) | 218.161 | 140.136 | 58.031 | 15.822 | 0 | 0 | 0 | 0 | 15.822 | 58.031 | 140.136 | 218.161 |
| Arándano (B) | 580.548 | 372.916 | 154.427 | 42.103 | 0 | 0 | 0 | 0 | 42.103 | 154.427 | 372.916 | 580.548 |
| Durazno (M) | 49.733 | 31.946 | 13.229 | 3.607 | 0 | 0 | 0 | 0 | 3.607 | 13.229 | 31.946 | 49.733 |
| Kiwi (M) | 750.771 | 482.259 | 199.707 | 54.448 | 0 | 0 | 0 | 0 | 54.448 | 199.707 | 482.259 | 750.771 |
| Peral (A) | 344.422 | 221.240 | 91.617 | 24.978 | 0 | 0 | 0 | 0 | 24.978 | 91.617 | 221.240 | 344.422 |
| Naranjo (A) | 492 | 316 | 131 | 36 | 0 | 0 | 0 | 0 | 36 | 131 | 316 | 492 |
| Limonero (A) | 399 | 256 | 106 | 29 | 0 | 0 | 0 | 0 | 29 | 106 | 256 | 399 |
| Nectarino (A) | 5.997 | 3.852 | 1.595 | 435 | 0 | 0 | 0 | 0 | 435 | 1.595 | 3.852 | 5.997 |
| Mandarino (A) | 133 | 85 | 35 | 10 | 0 | 0 | 0 | 0 | 10 | 35 | 85 | 133 |
| Frambuesa (B) | 173.348 | 111.350 | 46.111 | 12.572 | 0 | 0 | 0 | 0 | 12.572 | 46.111 | 111.350 | 173.348 |
| | 6.219.579,44 | 3.995.162,19 | 1.654.424,20 | 451.062,35 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 451.062,35 | 1.654.424,20 | 3.995.162,19 | 6.219.579,44 |

La Tabla 99 muestra que la estacionalidad utilizada corresponde a la de Primavera Verano, estando la producción concentrada en los meses de Noviembre – Febrero. La tabla muestra que todas las frutas se procesan durante los meses de Abril – Septiembre. Las frutas producidas por esta unidad corresponden a la distribución estadística de frutas para la región.

La estacionalidad de cada fruta es la misma para efectos de las simulaciones masivas, puesto que no tiene un peso significativo en los resultados y facilita la comprensión del estudio.

Tabla 100 Geometría de la cámara y condiciones de consigna. Fuente: Elaboración propia

| | |
|--|----------|
| Temperatura de consigna [°C] | 0 |
| Humedad interior [%] | 95% |
| Superficie [m2] | 2.289 |
| Relación de aspecto (alt, lar, anc) | 1,5:4:5 |
| Altura [m] | 16 |
| Lado corto NS [m] | 43 |
| Lado largo EW [m] | 53 |
| Superficie muro Largo EW [m2] | 858 |
| Superficie muro corto NS [m2] | 687 |
| Superficie envolvente [m2] | 3.090 |
| Volumen total [m3] | 36.733 |

En la Tabla 100 se muestran las características geométricas de la cámara de frío simulada. A partir de estas características se calculan las distintas cargas térmicas (radiativas, convectivas, conductivas) que influyen en las demandas de electricidad de la unidad productiva.

Tabla 101 Energía asociada al frío. Fuente: Elaboración propia

| # | mes | Pérdidas por la envolvente [kWh] | Primer frío [kWh] | Pérdidas por infiltraciones permanentes [kWh] | Pérdidas por infiltraciones voluntarias [kWh] | Pérdidas equipos de frío | Total [kWh] |
|-------|------------|----------------------------------|-------------------|---|---|--------------------------|--------------|
| 1 | Enero | 62.174 | 171.087 | 102.729 | 81.963 | 31.347 | 449.300 |
| 2 | Febrero | 56.629 | 109.898 | 96.282 | 45.289 | 23.107 | 331.206 |
| 3 | Marzo | 55.303 | 45.510 | 94.813 | 15.930 | 15.867 | 227.422 |
| 4 | Abril | 42.193 | 12.408 | 69.427 | 2.908 | 9.520 | 136.456 |
| 5 | Mayo | 13.858 | 0 | 16.012 | 0 | 2.240 | 32.110 |
| 6 | Junio | 12.261 | 0 | 14.405 | 0 | 2.000 | 28.666 |
| 7 | Julio | 10.301 | 0 | 11.517 | 0 | 1.636 | 23.455 |
| 8 | Agosto | 11.157 | 0 | 11.806 | 0 | 1.722 | 24.686 |
| 9 | Septiembre | 31.569 | 12.408 | 43.857 | 2.257 | 6.757 | 96.847 |
| 10 | Octubre | 40.917 | 45.510 | 60.042 | 10.741 | 11.791 | 169.000 |
| 11 | Noviembre | 49.380 | 109.898 | 73.643 | 35.619 | 20.141 | 288.681 |
| 12 | Diciembre | 56.551 | 171.087 | 86.540 | 63.529 | 28.328 | 406.035 |
| | | 20% | 31% | 31% | 12% | 7% | 100% |
| Total | | 442.292,54 | 677.806,93 | 681.074,58 | 258.235,22 | 154.455,70 | 2.213.864,97 |

La Tabla 101 muestra las demandas térmicas por tipo de fenómeno considerado en la cámara de frío: Pérdidas por la envolvente (fenómenos radiativo y convectivo principalmente), Primer frío de la fruta (enfriamiento de la fruta desde la temperatura del campo de cultivo), Pérdidas por infiltraciones permanentes (por renovaciones involuntarias), Pérdidas por infiltraciones voluntarias (asociadas a cargas y descargas de la bodega) y Pérdidas de equipos de frío (asociadas a la contribución térmica de los motores eléctricos de los difusores).

El análisis muestra una congruencia entre los volúmenes de producción y la estacionalidad climática de la producción, lo cual se ve reflejado en demandas considerablemente concentradas en los meses de Noviembre-Marzo.

Tabla 102 Balance energético general. Fuente: Elaboración propia

| CONSUMO MENSUAL | Consumo de electricidad de frío [kWh] | Consumo de electricidad sin frío [kWh] | Consumo de GLP [kWh] | Consumo de diesel [kWh] | Consumo de calor [kWh] | Energía total [kWh] |
|-----------------|---------------------------------------|--|----------------------|-------------------------|------------------------|---------------------|
| Enero | 159.408 | 187.008 | 59.770 | 0 | 50.805 | 406.186 |
| Febrero | 127.001 | 120.125 | 38.394 | 0 | 32.635 | 285.519 |
| Marzo | 97.579 | 49.745 | 15.899 | 0 | 13.514 | 163.222 |
| Abril | 62.384 | 13.562 | 4.335 | 50.781 | 3.685 | 131.061 |
| Mayo | 12.844 | 79.380 | 0 | 32.184 | 0 | 124.408 |
| Junio | 11.467 | 79.380 | 0 | 31.125 | 0 | 121.971 |
| Julio | 9.382 | 79.380 | 0 | 29.368 | 0 | 118.130 |
| Agosto | 9.874 | 79.380 | 0 | 29.690 | 0 | 118.944 |
| Septiembre | 42.545 | 13.562 | 4.335 | 34.599 | 3.685 | 95.041 |
| Octubre | 70.358 | 49.745 | 15.899 | 0 | 13.514 | 136.002 |
| Noviembre | 109.995 | 120.125 | 38.394 | 0 | 32.635 | 268.513 |
| Diciembre | 147.122 | 187.008 | 59.770 | 0 | 50.805 | 393.900 |
| Total | 159.408 | 187.008 | 59.770 | 0 | 50.805 | 406.186 |

La Tabla 102 muestra los perfiles mensuales de demanda por diferentes tipos de fuente energética. Los consumos que más impactan en el modelo están asociados a equipos de frío (demanda eléctrica de verano) y otros tipos de consumo eléctrico. Cabe destacar que el consumo de diésel sólo está asociado al uso de equipos de cogeneración y el consumo de GLP a procesos realizados en época productiva (lavado de fruta, aplicación de cera, higiene del personal, etc.).

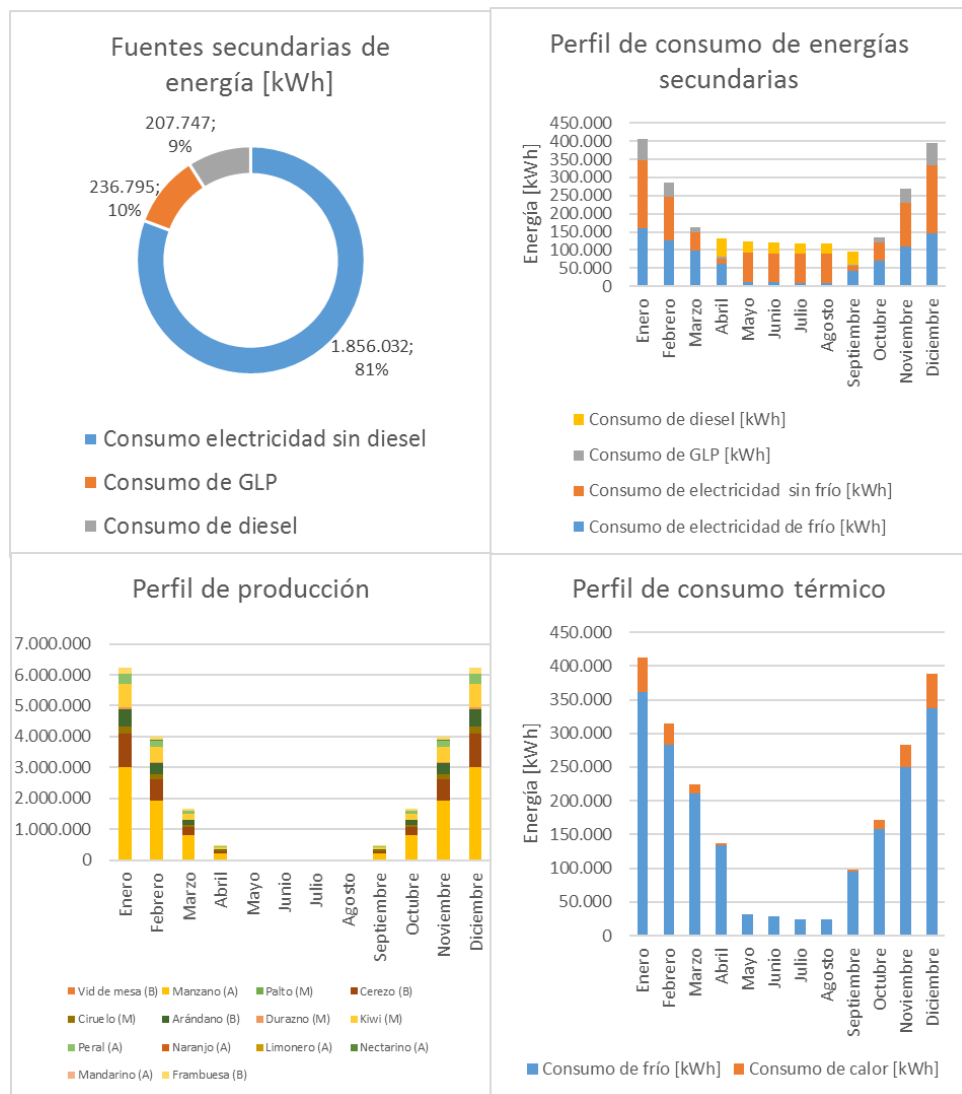


Ilustración 155 Balance energético de caso desarrollado. Fuente: Elaboración propia

La Ilustración 156 Ilustración anterior resume las tablas anteriores y además muestra el peso relativo en los perfiles de demanda de cada tipo de fruta. En el primer cuarto se muestra la relevancia de cada fuente secundaria, siendo la electricidad la predominante (81%), luego el GLP (10%) y por último el diésel (9%). Si se considera que realmente el consumo de diésel es un sub-consumo de electricidad (asociado a los grupos electrógenos), entonces, el consumo de electricidad corresponde a un 90% de la matriz.

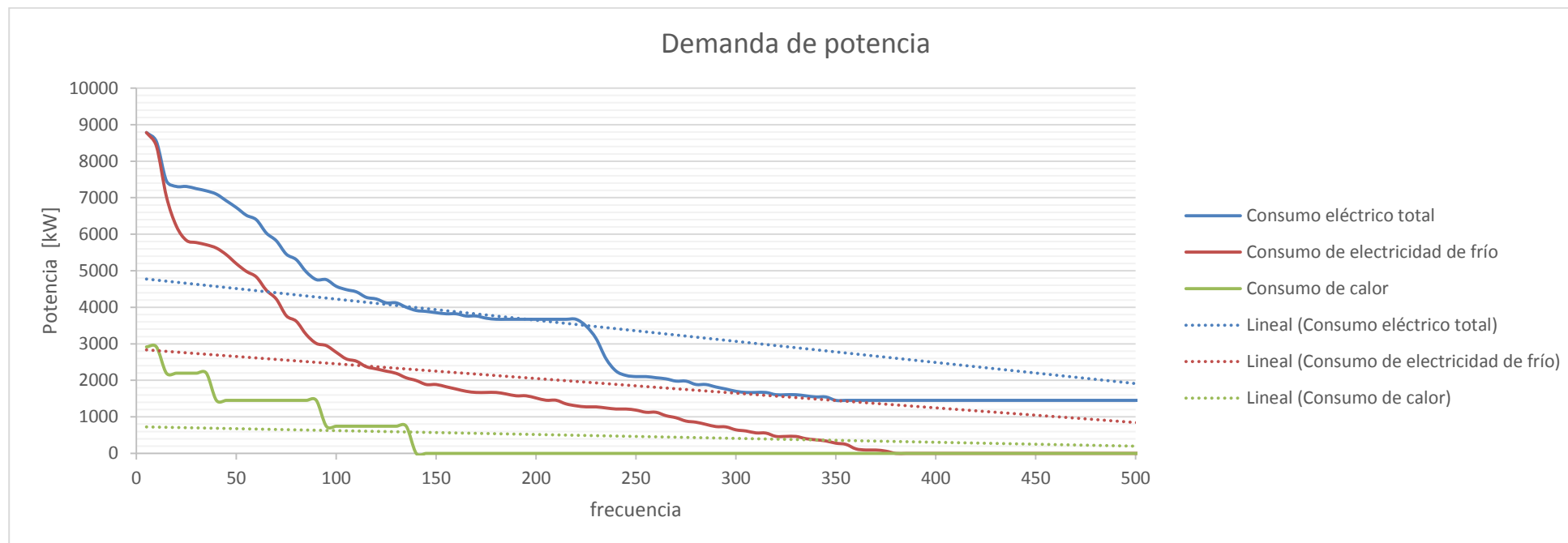


Ilustración 156 Curva de demanda de potencia. Fuente: Elaboración propia

La Ilustración 156 muestra los distintos niveles de potencia térmica y eléctrica, y la frecuencia con que ocurren dichas demandas. La integral de este gráfico es coincidente con la demanda anual por cada tipo de uso energético. Este gráfico muestra que las demandas tienen perfiles bastante dispares, en que sólo unas cuantas horas al año se produce la demanda máxima. Para las demandas de electricidad, un 80% de las demandas se producen por debajo de los 4.000 kW de potencia, y para la térmica, el mismo indicador gira en torno a los 1.400 kW de potencia.

Tabla 103 características de la instalación SFV. Fuente: Elaboración propia

| Input | Valor | Unidad |
|------------------------------|-------------|-------------------------|
| Localización geográfica | El Maule | S/U |
| Potencia instalada | 1219,658594 | kW |
| | | |
| Output | Valor | Unidad |
| radiación horizontal (I) | 2.182 | kWh/m ² _año |
| Energía producida | 1.877.445 | kWh_año |
| Aporte de la red | 667.907 | kWh_año |
| Energía reemplazada | 1.250.449 | kWh_año |
| Inyección total anual | 626.995 | kWh_año |
| Ahorro diesel | 2.480 | kWh |
| Factor de planta | 18% | S/U |
| Energía / Potencia instalada | 1.539 | kWh/kW |
| Superficie aproximada | 7.806 | m ² |
| Potencia por área | 156 | W/m ² |

La Tabla 103 muestra el resumen del sistema fotovoltaico simulado, el factor de planta es consistente con las instalaciones de paneles fijos, y la energía producida es consistente con la oferta solar de la región. Según los cálculos la instalación tendría que tener aproximadamente unos 7.806 metros cuadrados de paneles de 156 watts por metro cuadrado.

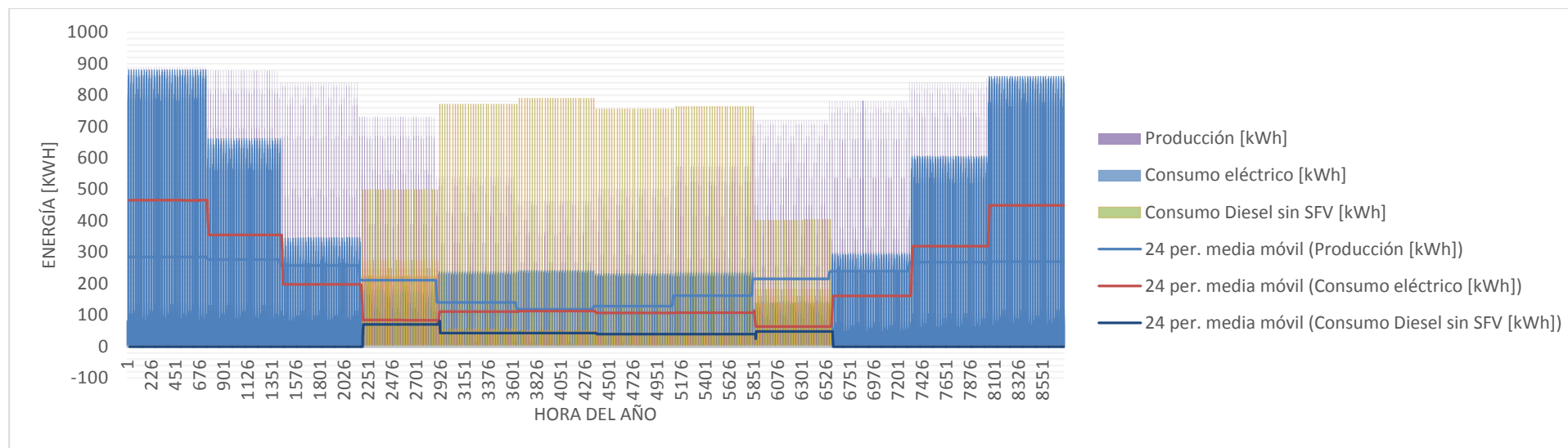


Ilustración 157 Flujos energéticos de producción, consumo de electricidad y diesel, horarios. Fuente: Elaboración propia

La Ilustración 157 corresponde al perfil horario de demanda eléctrica, oferta eléctrica, y consumo de diésel (que también se ve afectado por la instalación). Las líneas muestran los promedios móviles (en 24 horas, es decir diarios), para cada mes.

Tabla 104 Condiciones de contorno, balance energético y ahorro generado. Fuente: Elaboración propia

| Costos energéticos [CLP/kWh] (SIN IVA) | | Venta de excedentes [CLP/año] | |
|--|--------------|--|----------------|
| Precio electricidad base | \$ 74 | Precio inyección [CLP/kWh] | \$ 44 |
| Precio GLP | \$ 39 | Energía inyectada [kWh] | 626.995 |
| Precio Diesel | \$ 26 | Ingreso por inyección [CLP/año] | \$ 27.552.831 |
| Energía consumida [kWh/año] | | Costos operativos [CLP/año] | |
| Calor | 201.276 | Costos de operación y mantención | \$ 912.429 |
| Frío | 1.936.262 | "Ingresos" por energía ahorrada | \$ 119.772.092 |
| Diesel | 207.747 | Flujo de caja año 1 | \$ 118.859.663 |
| GLP | 236.795 | Inversión | |
| Electricidad | 1.918.356 | Coste de instalación del sistema SFV [CLP] | \$ 925.692.680 |
| Ahorro generado [kWh/año] | | Inversión PMGD [CLP] | \$ 6.680.000 |
| Diesel | 2.480 | Inversión específica total [CLP/kW] | \$ 760.488 |
| GLP | 0 | | |
| Electricidad | 1.250.449 | | |
| Ahorro generado [CLP/año] | | | |
| Diesel | \$64.412 | | |
| GLP | \$- | | |
| Electricidad | \$92.154.846 | | |

La Tabla 104 muestra los resultados económicos para un año estático y la inversión asociada a la instalación. El costo de inversión PMGD es el costo asociado a la conexión (equipos eléctricos de potencia) y los gastos administrativos (negociaciones, consultas técnicas, abogados, etc.) que requiere la industria para convertirse en un PMGD.

Esta instalación cubriría un poco más del 65% de la demanda de electricidad, y además vendería un 50% adicional a la red. El bajo ahorro de energía diesel tiene que ver con que por lo general no coincide la ventana de tarifa punta (que parte a las 18 horas) con la oferta solar (que termina en torno a esa hora).

Tabla 105 Condiciones de contorno financieras. Fuente: Elaboración propia

| Variable | Valor | Unidad |
|--|-------|--------|
| Valor del dólar | 685 | CLP |
| Tasa de descuento nominal | 8% | % |
| Porcentaje de apalancamiento | 70% | S/U |
| Tasa de interés apalancamiento | 8% | S/U |
| IPC promedio para el periodo de análisis | 4,3% | % |
| Incremento precio Comb. Fósiles | 4,2% | S/U |
| Incremento precio Electricidad | 5,2% | S/U |

Estas son las condiciones de contorno de este caso en particular. Cabe destacar se trata de un escenario favorable para la evolución del precio de la energía eléctrica y de los combustibles fósiles.

Tabla 106 Flujos monetarios del proyecto y resultados del caso. Fuente: Elaboración propia

| año | Flujos actualizados (VAN) |
|-----|---------------------------|
| 0 | -277.707.804 |
| 1 | -218.128.643 |
| 2 | -157.381.148 |
| 3 | -95.696.298 |
| 4 | -33.284.231 |
| 5 | 29.664.121 |
| 6 | 92.975.515 |
| 7 | 156.492.993 |
| 8 | 220.074.587 |
| 9 | 283.592.124 |
| 10 | 346.930.117 |
| 11 | 409.984.742 |
| 12 | 472.662.897 |
| 13 | 534.881.328 |
| 14 | 596.565.821 |
| 15 | 657.650.462 |
| 16 | 718.076.945 |
| 17 | 777.793.944 |
| 18 | 836.756.522 |
| 19 | 894.925.592 |
| 20 | 952.267.421 |
| 21 | 1.008.753.167 |
| 22 | 1.064.358.456 |
| 23 | 1.119.062.992 |
| 24 | 1.172.850.193 |

| Indicador | Resultado |
|-----------------------------|---------------------|
| Periodo de retorno simple | 7,778 ⁹⁸ |
| Periodo de retorno complejo | 6 ⁹⁹ |
| VAN 20 años | \$952.267.421 |
| TIR 20 años | 41% |

Estos resultados se consideran sumamente positivos. Para una radiación de 2.182 kWh/m² y una producción de 25 kTon, se consigue un retorno en 6 años, con una TIR de 41% y un VAN sumamente atractivo para cualquier inversionista.

Aun cuando los costos de operación y mantención estuviesen sub-dimensionados, y el escenario de evolución del precio de la energía fueran menos optimista, seguiría siendo un proyecto con muy buenas expectativas.

⁹⁸ Este valor sólo considera la inversión y los flujos estáticos sin evolución.

⁹⁹ Considera el año 0 como año 1. Considera la evolución de todos los precios de acuerdo a los índices establecidos en la Tabla 105.

8.8. Análisis de sensibilidad de los resultados

A continuación se presentan los todos resultados de las simulaciones por soluciones, excepto las de solar térmica y cogeneración, descartadas anteriormente. Como se verá se presentan todos los resultados correspondientes múltiples combinaciones de parámetros referenciados a distintas variables cuya significancia se ha considerado destacada, con el objetivo de identificar en qué condiciones.

La variable objetivo elegida para presentar los resultados es el período de retorno (PB), mientras que las variables sensibilizadas son las siguientes:

- Localización (LOC)
- Tamaño (TAM)
- Potencia promedio demandada (PPD)
- Potencia del sistema ERNC (PSYS)
- Cociente PPD/PSYS
- Estacionalidad (EST)
- Evolución costo electricidad (IPE)
- Apalancamiento

Cabe destacar que los modelos se sensibilizaron al Factor de Ahorro de Potencia, para visualizar el efecto sobre el ahorro en término de potencia asociado a una mejora en las consumos peak, pero el análisis de sensibilidad demostró un impacto negligible de esta variable, por lo que se optó por eliminarla de la presentación de resultados.

Igualmente se incorporaron tres escenarios de evolución de los precios de los combustibles, con la evolución alcista prevista acompañada de un escenario de estancamiento y otro de abaratamiento simétrico al primero. La variación sobre los resultados de las intervenciones asociadas a esta variabilidad de los combustibles es inapreciable, por lo que tampoco se han incorporado a los resultados, en aras de facilitar su lectura y comprensión.

Los gráficos presentados para cada tecnología y para cada escenario de apalancamiento son los siguientes.

Tabla 107. Gráficos de interpretación de resultados. Fuente: Elaboración propia

| # | Variable objetivo | Variable Sensibilizada | Universo | Series |
|---|-------------------|------------------------|----------|--------|
| 1 | PB | PSYS | PB<=25 | LOC |
| 2 | PB | PSYS | PB<=10 | LOC |
| 3 | PB | TAM | PB<=25 | LOC |
| 4 | PB | TAM | PB<=10 | LOC |
| 5 | PB | IPE | PB<=25 | IPE |
| 6 | PB | PPD/PSYS | PB<=10 | LOC |
| 7 | PB | PPD/PSYS | PB<=10 | EST |

La totalidad de los resultados y parámetros intermedios de diseño de los casos, se adjuntan en el Anexo **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.. ¡Error! No se encuentra el origen de la referencia..**

8.8.1. Interpretación de los gráficos

Cada uno de los gráficos representa hasta 810 puntos correspondientes a 810 casos que son el resultado de multiplicar 10 localizaciones por 3 tamaños por 3 estacionalidades por 3 escenarios de crecimiento del costo de la energía y por tres tamaños relativos de la potencia del sistema con la potencia demandada por el packing. En general los puntos son muchos menos pues están filtrados por el retorno máximo a 25 o a 10 años, pero hay que tomar en cuenta que bajo un punto pueden esconderse muchos más casos coincidentes en XY.

Algunos gráficos presentan las Regiones como series y otros la estacionalidad

Destacar que el objetivo de estos gráficos no es mostrar los resultados, sino observar tendencias y dependencias entre variables.

Algunos de los gráficos para cada tipo de sistema se sustrajeron de esta sección y se incluyó en los anexos por no entregar información relevante o por informar acerca de una “no-correlación” entre las variables involucradas.

8.8.2. Sistema Solar fotovoltaico

8.8.2.1. Gráficos

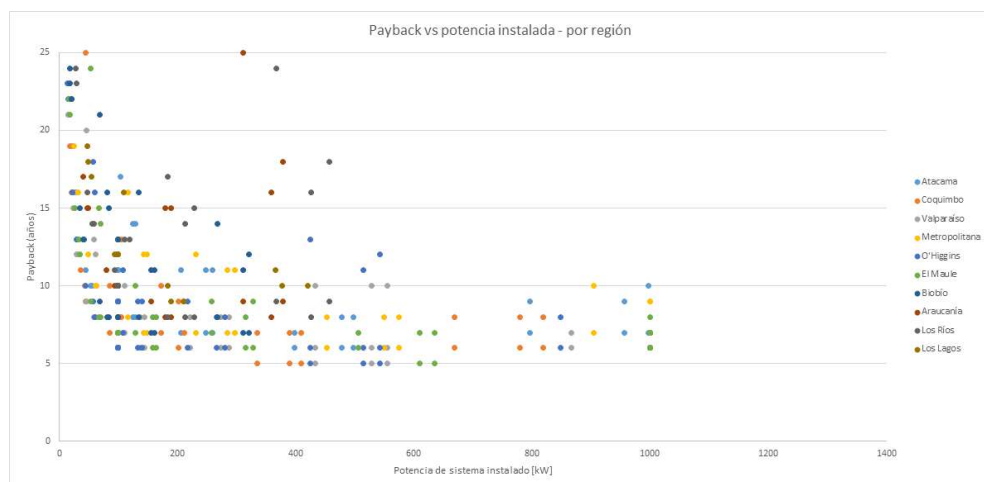


Ilustración 158 SFV - Payback vs potencia instalada por región. Fuente: Elaboración propia

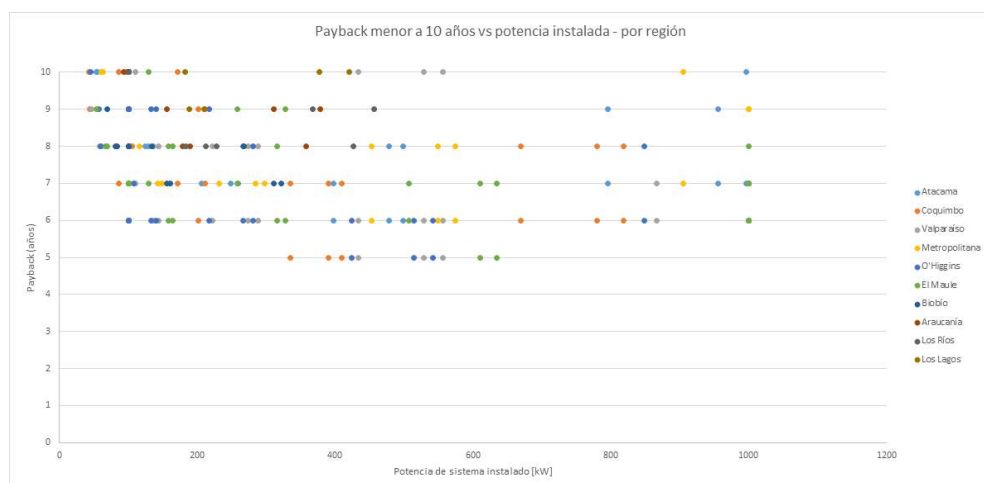


Ilustración 159 SFV Payback menor a 10 años vs potencia instalada - por región

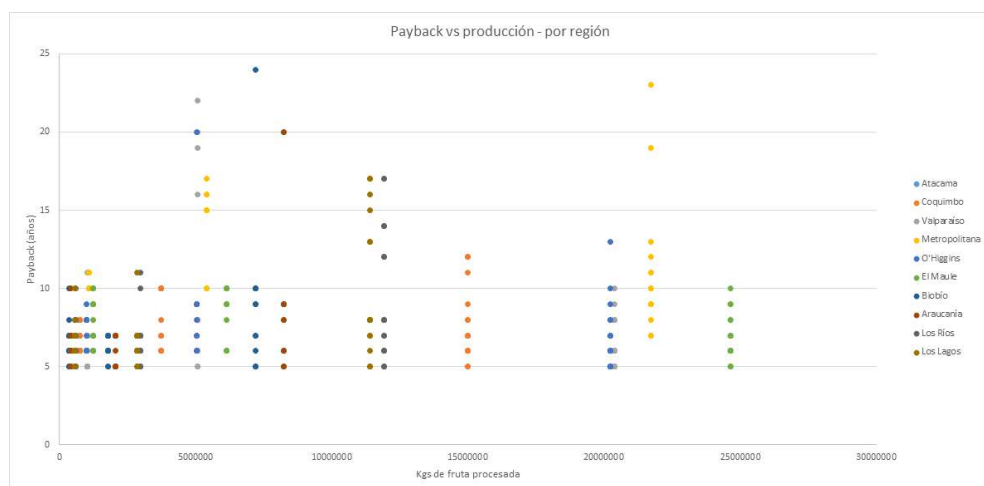


Ilustración 160 SFV - Payback vs producción por región

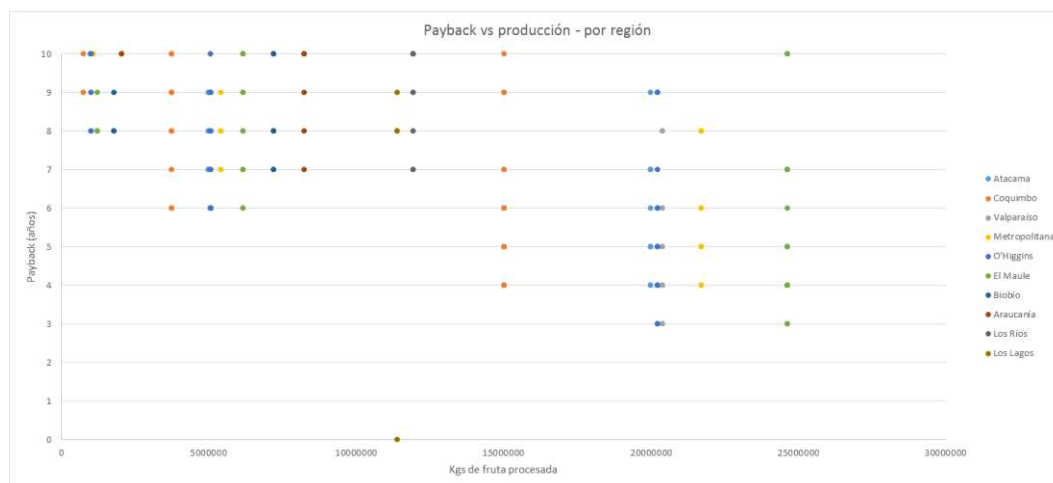


Ilustración 161 SFV - Payback inferior a 10 años vs producción por región

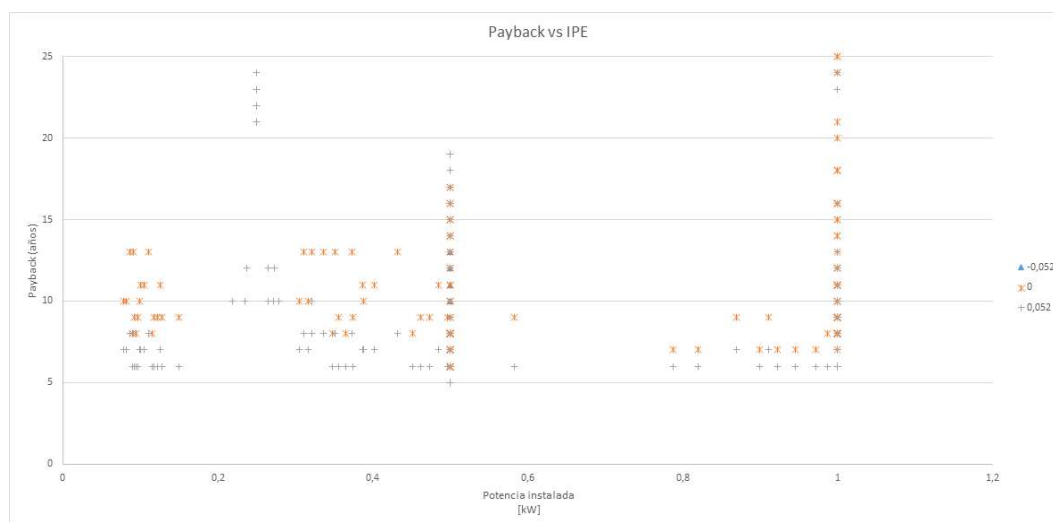


Ilustración 162 SFV - Payback vs fracción potencia instalada / potencia peak de la energía por IPE

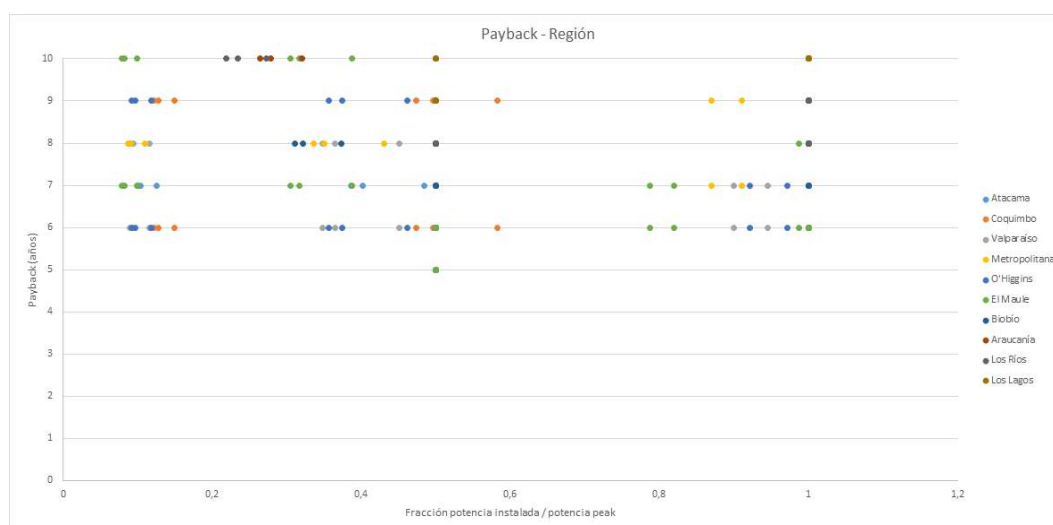


Ilustración 163 SFV - Payback vs fracción potencia instalada / potencia peak de la energía por región

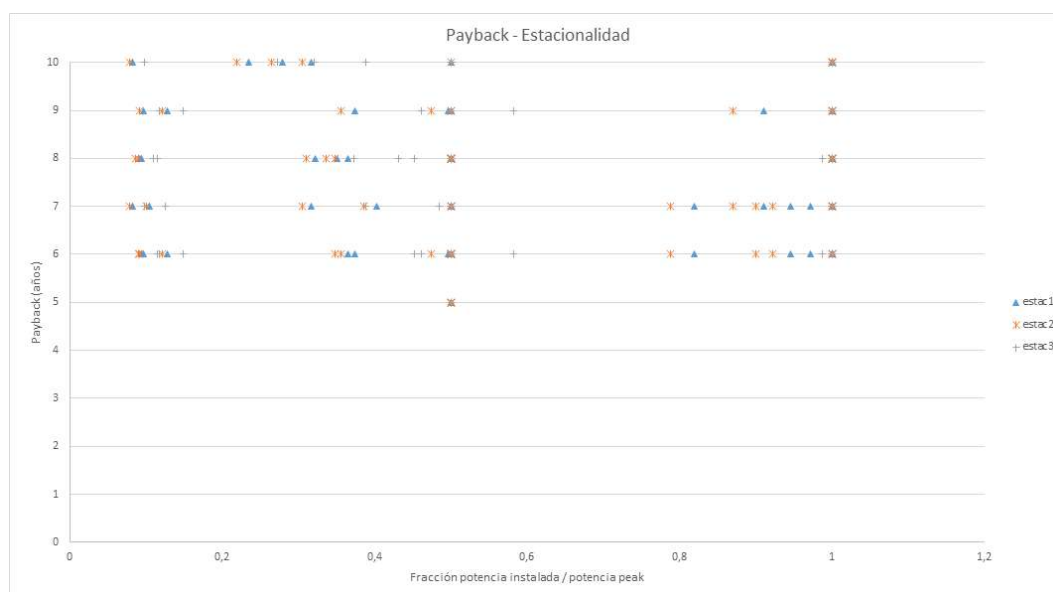


Ilustración 164 SFV - Payback vs fracción potencia instalada / potencia peak de la energía por estación

8.8.2.2. Disertación

En la Ilustración 158 se puede apreciar una tendencia general que favorece las instalaciones de mayor potencia. Las instalaciones de mayor potencia y menor payback (esquina inferior derecha) corresponden a las regiones de Valparaíso, Metropolitana, O'Higgins y El Maule lo que se condice con la estadística de tamaño de producción.

En la Ilustración 159 se percibe que las regiones de Atacama, y Coquimbo también pueden resultar interesantes, muy posiblemente por el recurso solar.

En la Ilustración 160 la tendencia muestra una nube dispersa hasta el millón de kilos procesados, esto ocurre porque el tamaño de las bodegas modeladas se concentran en torno a dichos valores. Pueden existir puntos superpuestos, por lo que la densidad de puntos no es apreciable a simple vista.

La Ilustración 161 muestra que para packings de todo tamaño existe algún tamaño de instalación con retornos inferiores a los 10 años, incluso para las regiones más australes que sólo procesan frutos silvestres, los tamaños medios pueden generar periodos cortos de retorno.

En la Ilustración 162 es difícil apreciar, pero se puede verificar que el IPE es un factor relevante en la evaluación de los proyectos de SFV, sin embargo, puede ser optimista para escenarios de no crecimiento del precio de la energía.

Y a pesar de que en el gráfico no se aprecia, existen algunos puntos en los valles centrales en que incluso la recuperación podría ser rápida para instalaciones de gran envergadura, a pesar de que el precio de la energía disminuya.

En la Ilustración 163 los puntos indican que no existe una relación clara entre la relación entre potencia instalada y potencia peak de consumo, sin embargo, también resulta difícil de apreciar debido a que existe una superposición de puntos.

La Ilustración 164 muestra que la estacionalidad de la producción no tiene un impacto relevante en el rendimiento económico. A pesar de que los resultados puntuales dicen que puede hacer variar en uno o dos años la rentabilidad, la mayoría de los puntos son la superposición de las tres estaciones.

8.8.3. Sistema de generación eólica

8.8.3.1. Gráficos

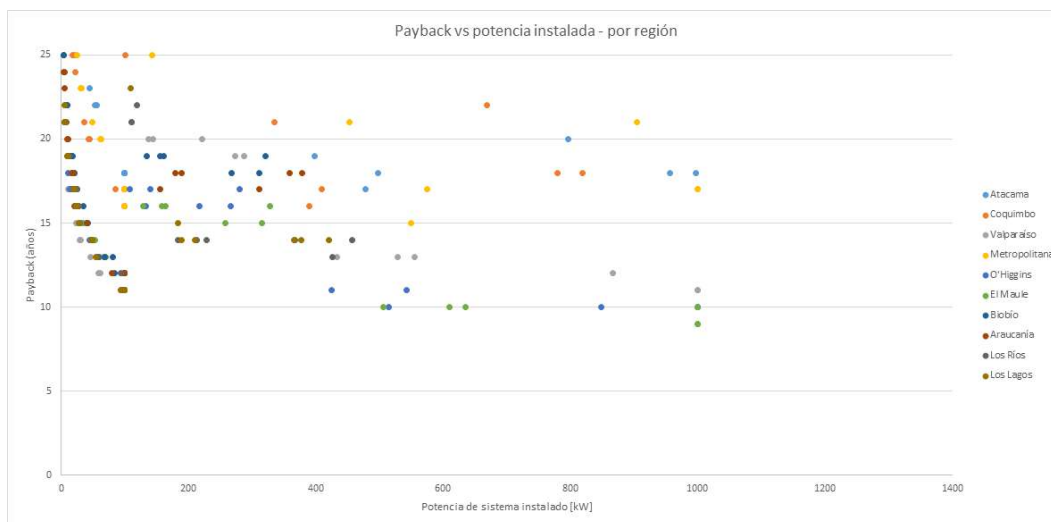


Ilustración 165 EOL - Payback vs potencia instalada por región

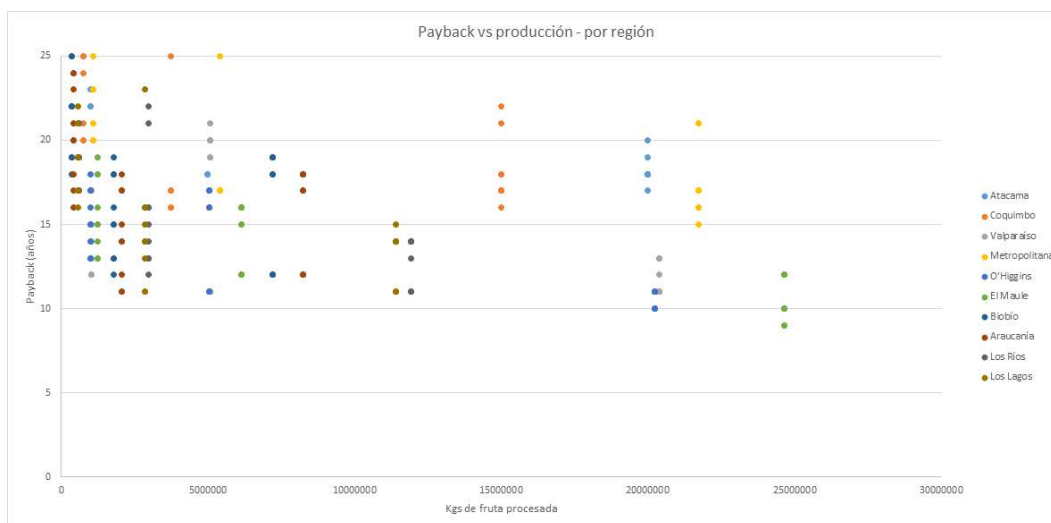


Ilustración 166 EOL - Payback vs producción por región

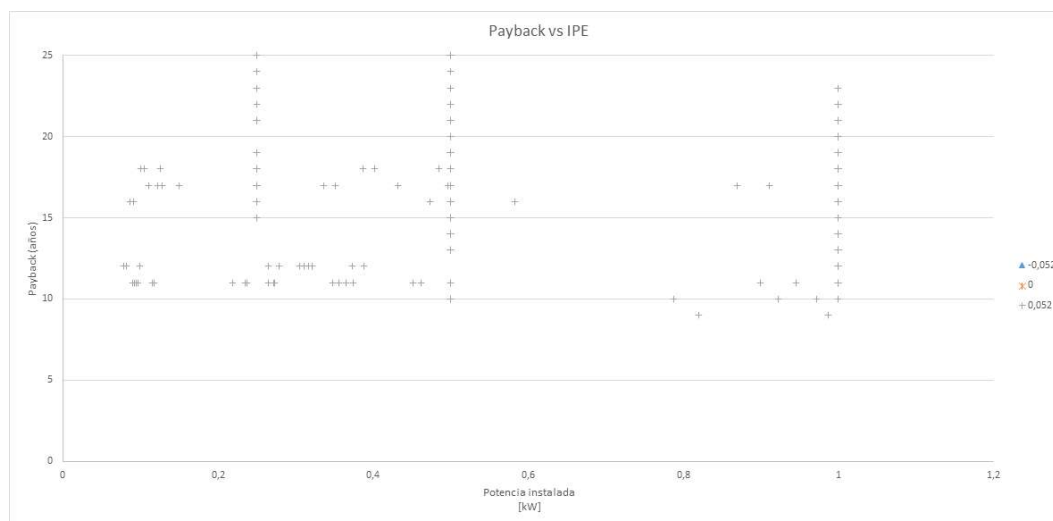


Ilustración 167 EOL - Payback vs fracción potencia instalada / potencia peak de la energía por IPE

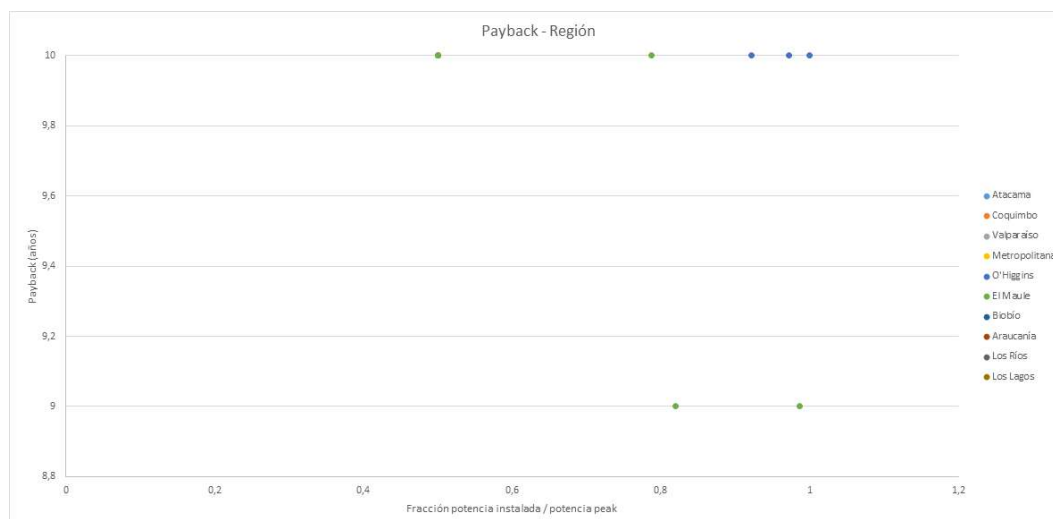


Ilustración 168 EOL - Payback vs fracción potencia instalada / potencia peak de la energía por región

8.8.3.2. Disertación

En la Ilustración 165 la tendencia general también es que los proyectos sean más rentables en la medida que sea mayor su volumen. Sin embargo, la nube de puntos se encuentra más concentrada en las potencias menores, lo que se explica sobre todo en la inversión para pasar a ser PMGD. Se puede observar que los casos con rentabilidad inferior a 10 años son sumamente escasos.

La Ilustración 166 muestra otro comportamiento similar a las anteriores, es decir, una fuerte concentración en tamaños de producción más pequeños. Resulta útil recordar que las potencias simuladas corresponden a los 100 kW, 0,5 Potencia peak y a la potencia peak.

La Ilustración 167 que no hay proyectos rentables en el supuesto que la energía no incremente su precio con el tiempo. En relación a la energía SFV, en la energía eólica el peso de la energía es más relevante debido a que su factor de planta es mayor (al igual que la inversión) y por ende el peso en el modelo de negocio también es mayor.

En la Ilustración 168 se observa que la cantidad de puntos bajo los 10 años es prácticamente no existente, y sólo ocurre en relaciones de alta potencia instalada en las regiones de O'Higgins y El Maule.

8.8.4. Sistemas de generación hidráulica

8.8.4.1. Gráficos

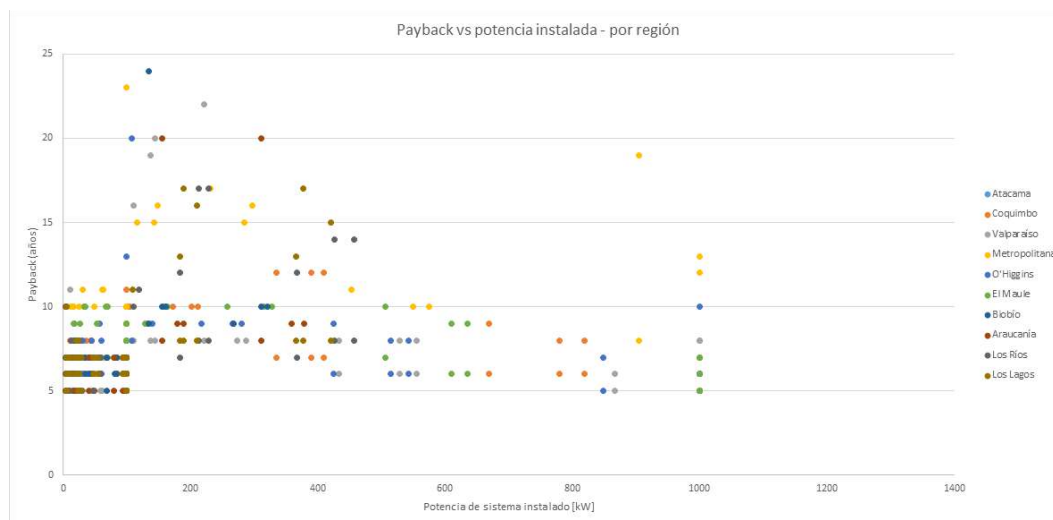


Ilustración 169 HID - Payback vs potencia instalada por región

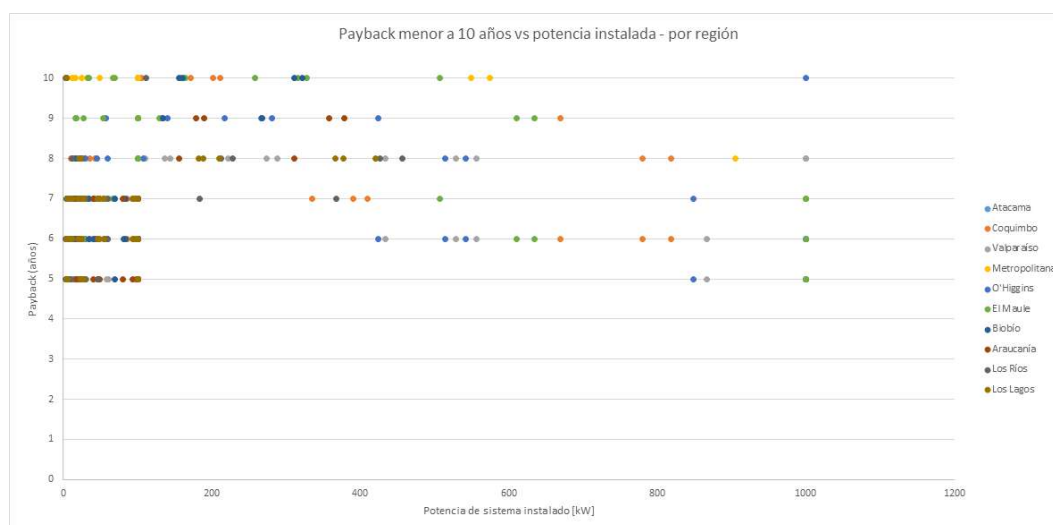


Ilustración 170 HID - Payback menor a 10 años vs potencia instalada - por región

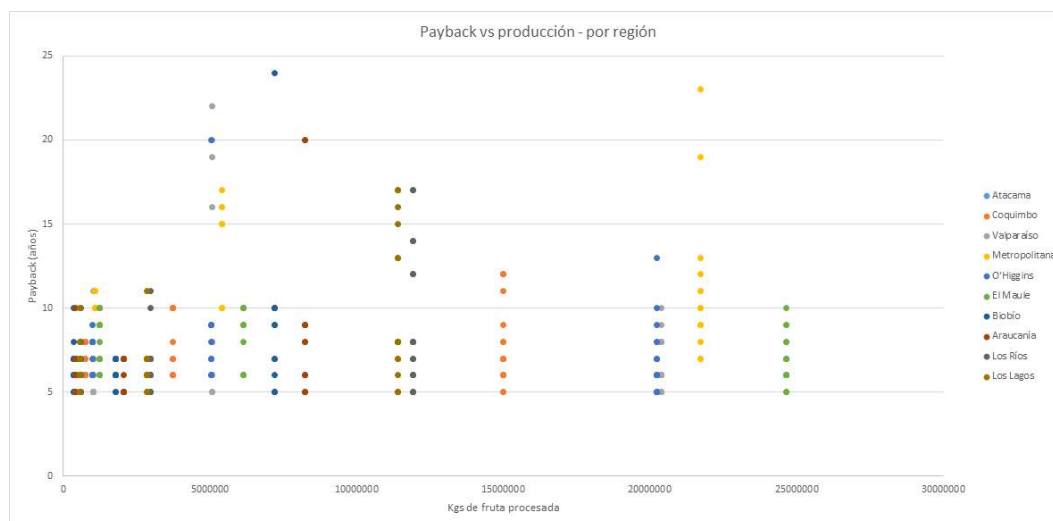


Ilustración 171 HID - Payback vs producción por región

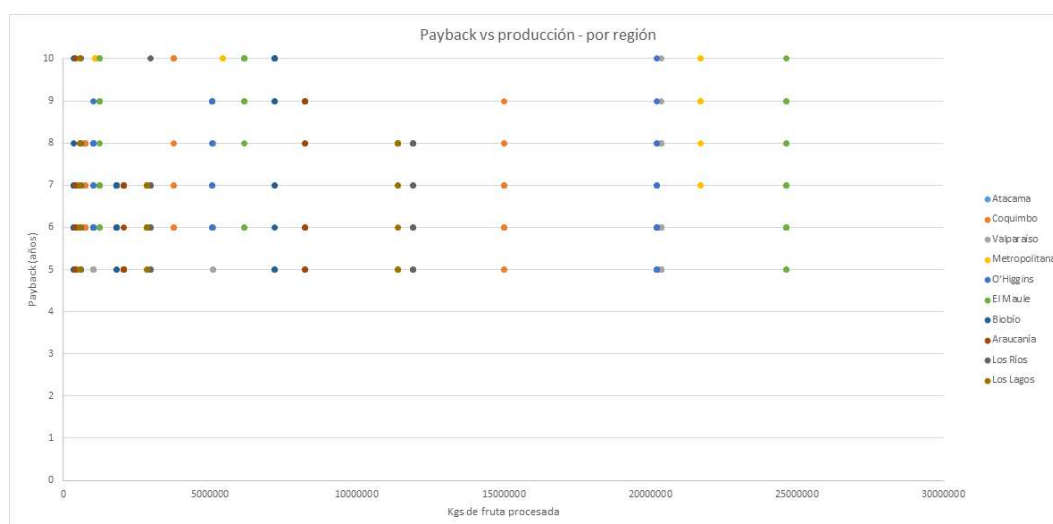


Ilustración 172 HID - Payback inferior a 10 años vs producción por región

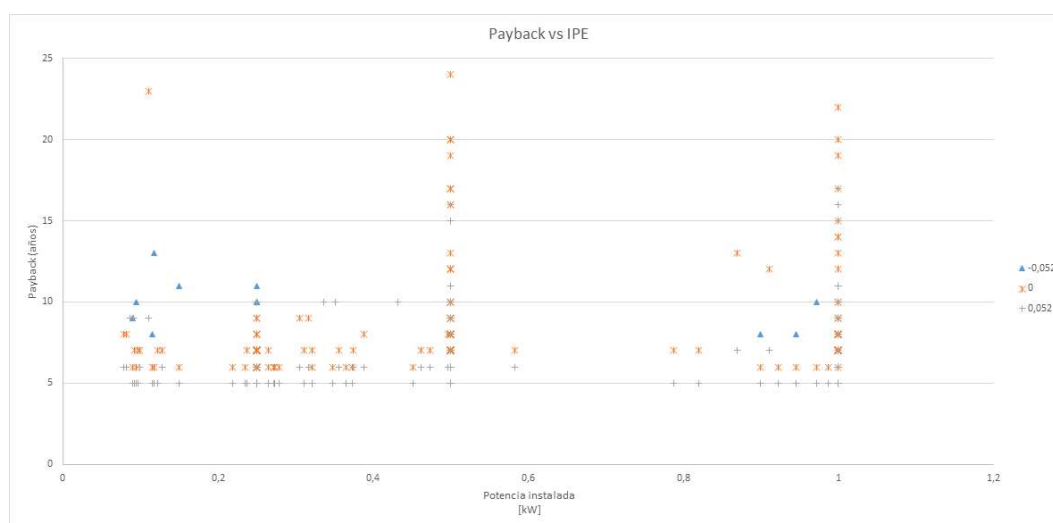


Ilustración 173 HID - Payback vs fracción potencia instalada / potencia peak de la energía por IPE

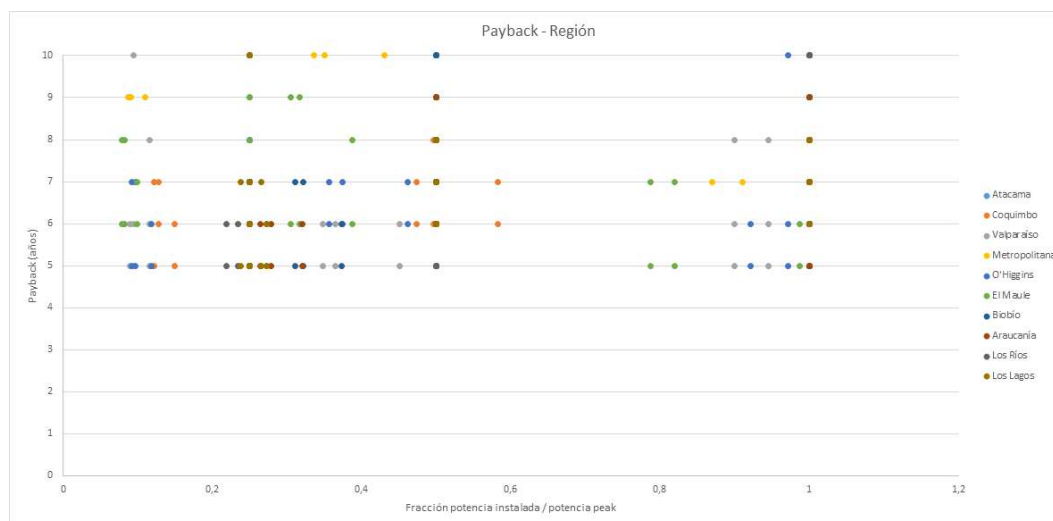


Ilustración 174 HID - Payback vs fracción potencia instalada / potencia peak de la energía por región

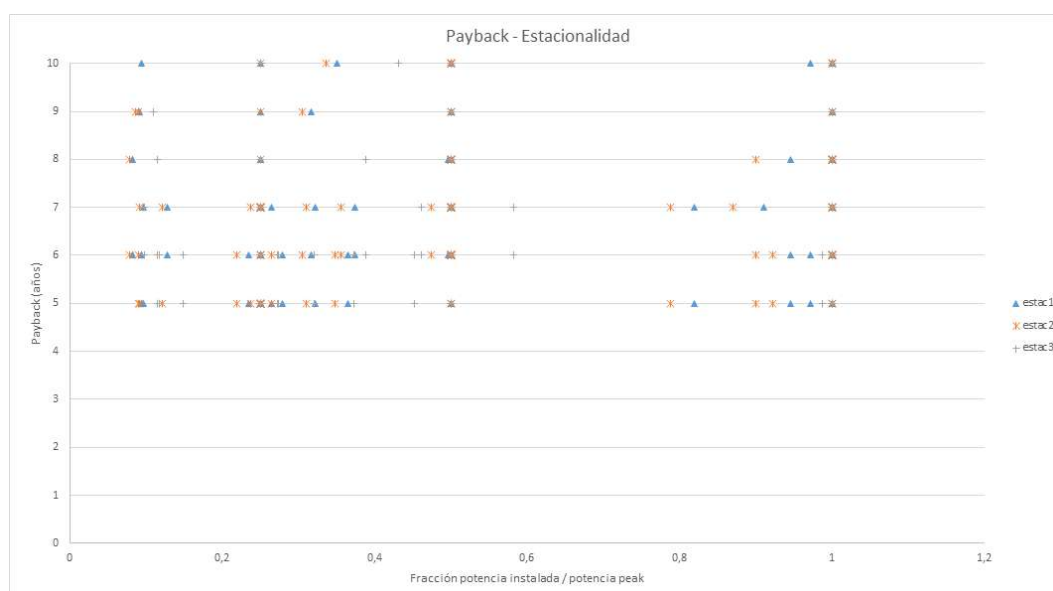


Ilustración 175 HID - Payback vs fracción potencia instalada / potencia peak de la energía por estación

8.8.4.2. Disertación

En la Ilustración 169 la tendencia muestra que la escala de las instalaciones es relevante. También muestra una fuerte concentración en torno a las potencias más bajas instaladas. Este comportamiento se explica en la curva de costos de instalación que tiene un decrecimiento muy lento.

La Ilustración 170 muestra una gran cantidad de puntos por debajo de los 10 años de retorno. En relación a las otras tecnologías es la que presenta un mejor comportamiento, especialmente en las regiones más australes. En las regiones del valle central la tendencia es hacia las grandes instalaciones para mejorar el rendimiento, y en las regiones más australes la tendencia es más bien hacia las instalaciones pequeñas.

En la Ilustración 171 se observa que el comportamiento de la potencia instalada se condice con los tamaños de producción (densidad elevada en los tamaños pequeños), sin embargo, se amplía un poco hacia los tamaños medios y grandes de producción. En relación a la ilustración

anterior, esto quiere decir que en el sur, a pesar de que la producción pueda ser elevada, las instalaciones son más rentables cuando son más bien pequeñas-medianas.

La Ilustración 172 refuerza lo anterior, las instalaciones en industrias que producen menos de 10 toneladas esperan retornos más probablemente rápidos, luego la densidad de puntos es muy similar entre los 10 y las 15 mil toneladas y entre las 20 y 25 mil toneladas producidas.

La Ilustración 173 muestra dos tendencias. Para las fracciones máximas y mínimas de potencia instalada, el crecimiento positivo y nulo favorece la rápida recuperación, pero también se observan puntos positivos para un crecimiento negativo. Mientras que para las fracciones intermedias, sólo se encuentran presentes el crecimiento nulo y positivo.

La Ilustración 174 muestra nuevamente el mismo comportamiento, con una fuerte concentración de puntos en fracciones entre 0,1 y 0,5. Es decir, a pesar de que se puedan instalar grandes proyectos, la tendencia muestra que preferiblemente se instalen los más pequeños o los más grandes.

La Ilustración 175 muestra que la estacionalidad no es un fenómeno que afecte la recuperación de los proyectos.

8.8.5. Sistema de climatización con agua freática

8.8.5.1. Gráficos

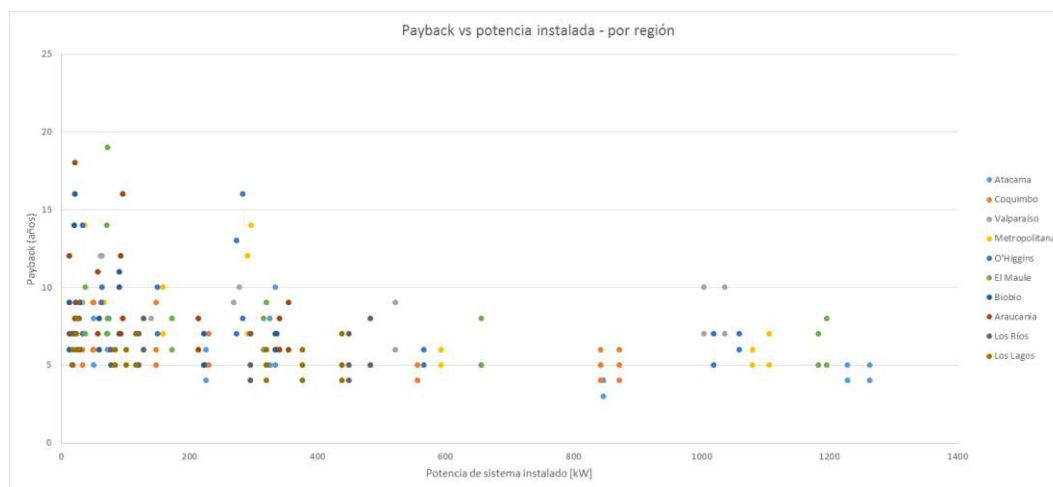


Ilustración 176 GHP - Payback vs potencia instalada por región

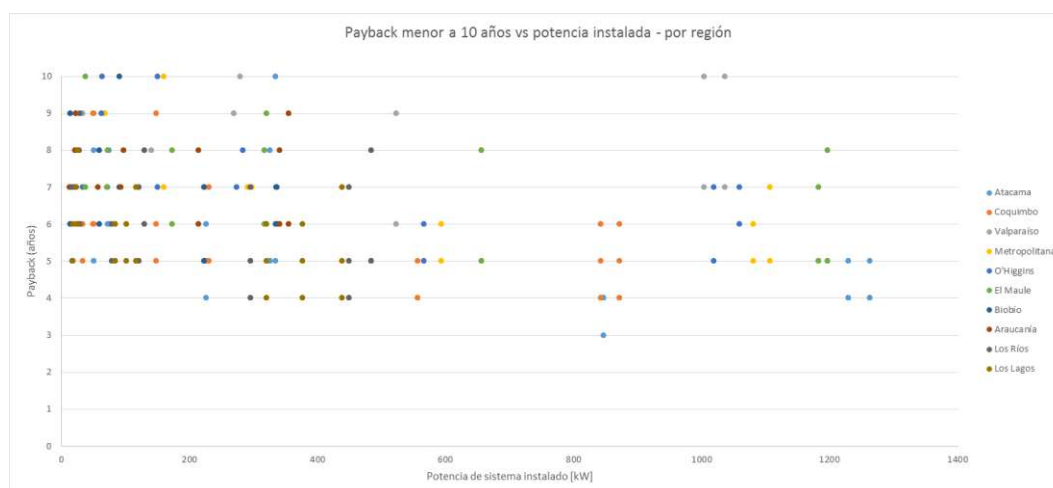


Ilustración 177 GHP - Payback menor a 10 años vs potencia instalada - por región

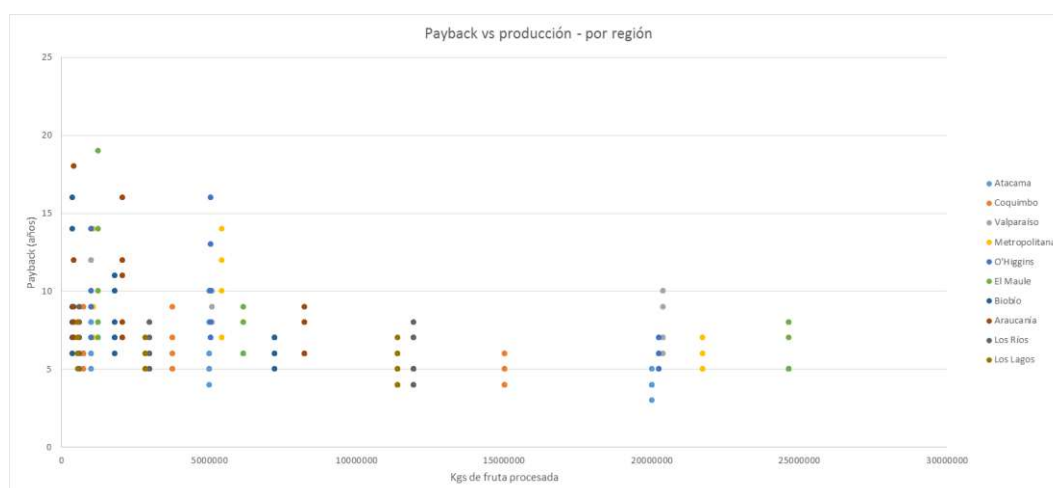
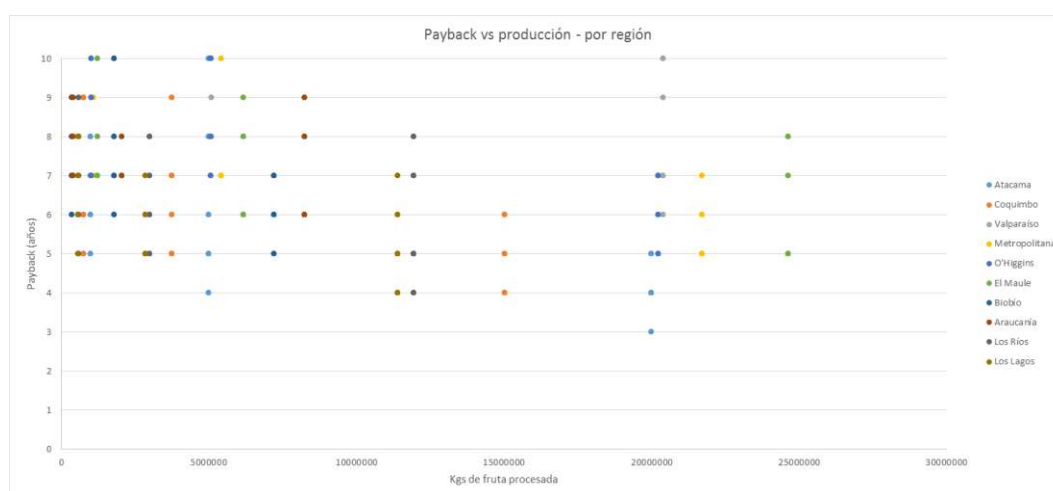
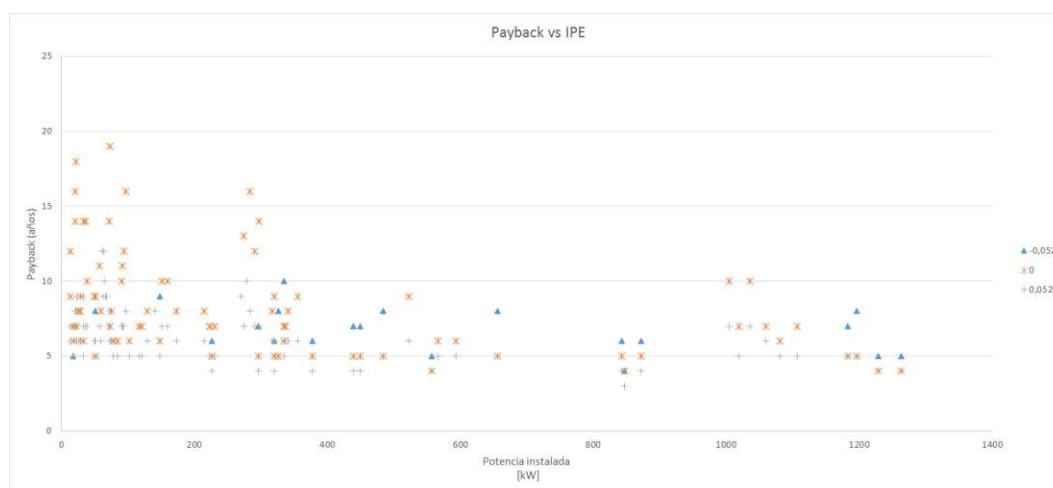


Ilustración 178 GHP - Payback vs producción por región**Ilustración 179 GHP - Payback inferior a 10 años vs producción por región****Ilustración 180 GHP - Payback vs Potencia instalada****8.8.5.2. Disertación**

La Ilustración 176 muestra un fuerte comportamiento de escala. Sin embargo, se observa una alta concentración en torno a potencias menores instaladas.

En la Ilustración 177 la nube de puntos muestra además que hay proyectos con tiempo de retorno para todo el rango de potencias.

La Ilustración 178 muestra un comportamiento casi idéntico al anterior, con una dependencia del tamaño de producción. Cabe destacar que para esta tecnología se contempla el reemplazo completo de evaporación, por ende no hay un escalamiento en potencia para un mismo tamaño de producción (vale decir, si el packing tiene un tamaño de 20.000 ton/año, se contempla la inversión de sustituir todo su sistema de intercambio).

La Ilustración 179 muestra que existen proyectos con bajo periodo de retorno para todo el espectro de tamaños, sin embargo, sobre las 10.000 toneladas al año, el horizonte cae por debajo de los 5 años.

La Ilustración 180 muestra que para los tamaños inferiores, sólo el crecimiento positivo y nulo favorece la recuperación, mientras que para sobre 350 kW de potencia instalada, la fluctuación de la energía no tiene mayor impacto. Esto tiene mucho sentido si se considera que los beneficios de esta medida son ahorros, es decir no hay producción de energía.

9. Ranking de Medidas de Eficiencia Energética

9.1. Presentación

Este capítulo corresponde a lo solicitado en el objetivo 7 de los Términos de Referencia.

9.2. Generalidades

Para facilitar la comprensión y contextualizar las medidas de mejora, se han agrupado en los siguientes grupos o familias:

- Reducción de demandas de climatización en galpones industriales
- Reducción de demandas de iluminación
- Sistemas de Control y Sistemas de Gestión de la Energía
- Integración de procesos y recuperación de calor y/o frío
- Mejoramiento de los sistemas de producción de calor y frío existentes
- Medidas de Eficiencia Energética en Procesos

9.3. Tabla Resumen de Ahorros Energéticos de Mejoras

A continuación se presenta un resumen de las mejoras planteadas y/o analizadas, indicando para cada una de ellas el ahorro relativo, su ahorro respecto a los consumos que le son propios, y el ahorro absoluto, representando el ahorro respecto al total de consumo de los Packing. Se trata de un ejercicio ejemplo para un Packing tipo en la zona climática 3, pero es muy extrapolable a cualquier otro caso.

Tabla 9.1. Resumen de mejoras de eficiencia energética con sus ahorros relativos y absolutos. Fuente: Elaboración propia

| # | Descripción Medida | Ahorro Relativo | Ahorro Absoluto |
|----|---|-----------------|-----------------|
| | Reducción demandas de climatización en galpones industriales | | |
| 1 | Climatización pasiva de edificio | 20,0% | 1,5% |
| | Reducción demandas de iluminación | | |
| 2 | Instalación de sistemas de iluminación natural | 14,0% | 0,5% |
| 3 | Instalación de sistemas de control automático de alumbrado | 10,0% | 0,3% |
| 4 | Reemplazar iluminación incandescente por lámparas fluorescentes compactas (CFL) | 65,0% | 2,2% |
| 5 | Reemplazar los balasto magnéticos por electrónicos | 8,0% | 0,3% |
| 6 | Cambiar tubos fluorescentes por versiones más eficientes | 15,0% | 0,5% |
| 7 | Reemplazar lámparas HID por tubos T-5 | 20,0% | 0,7% |
| 8 | Reemplazar las luces de mercurio por luces de sodio alta presión | 4,0% | 0,1% |
| 9 | Implementación de lámparas LED | 60,0% | 2,0% |
| | Sistemas de Control y Sistemas de Gestión de la Energía | | |
| 10 | Sistema de gestión energética global | 3,0% | 3,0% |
| 11 | Monitorización de eficiencia | 3,0% | 3,0% |
| 12 | Alarma de puertas abiertas, aislación de puertas y ventanas | 15,0% | 1,2% |
| 13 | Control programado de ventiladores y extractores | 30,0% | 11,4% |
| 14 | Monitorización contaminantes en refrigerantes | 2,0% | 0,8% |
| 15 | Monitorización filtros en línea de succión | 3,0% | 1,1% |
| 16 | Monitorización carga refrigerante | 10,0% | 3,8% |

| # | Descripción Medida | Ahorro Relativo | Ahorro Absoluto |
|----|--|-----------------|-----------------|
| 17 | Sistema de control para compresores | 3,0% | 1,1% |
| 18 | Control de potencia de luminarias | 0,0% | 0,0% |
| | Mejoramiento de los sistemas de producción de calor y frío existentes | | |
| 19 | Caldera correctamente dimensionada | 8,0% | 1,2% |
| 20 | Mantenimiento regular de la caldera | 10,0% | 1,5% |
| 21 | Aislación de apropiada de la caldera | 15,0% | 2,2% |
| 22 | Cambio de caldera diésel por gas licuado de petróleo | | 0,0% |
| 23 | Purgadores automáticos en condensadores | 5,0% | 1,9% |
| 24 | Correcto dimensionamiento de sistemas de ventilación-refrigeración | 5,0% | 1,9% |
| | Medidas de Eficiencia Energética en Procesos. Motores | | |
| 25 | Revisión del dimensionamiento adecuado de motores | 5,0% | 0,6% |
| 26 | Instalación de motores de alta eficiencia | 7,0% | 0,8% |
| 27 | Instalación de variadores de velocidad (VSD) | 20,0% | 2,4% |
| 28 | Mantenimiento y monitoreo | 8,0% | 1,0% |
| 29 | Reemplazar las correas de distribución | 4,0% | 0,5% |
| | Medidas de Eficiencia Energética en Procesos. Aire Comprimido | | |
| 30 | Mantenimiento y monitoreo | 15,0% | 0,9% |
| 31 | Reparación de fugas | 20,0% | 1,2% |
| 32 | Reducir la caída de presión | 3,0% | 0,2% |
| 33 | Reducción del uso de aire comprimido | 15,0% | 0,9% |
| 34 | Implementación de sistema de control | 12,0% | 0,7% |
| 35 | Reducción de la temperatura de entrada al compresor | 2,0% | 0,1% |
| 36 | Controlar la velocidad de motores | 15,0% | 0,9% |
| 37 | Correcto dimensionamiento de tuberías | 3,0% | 0,2% |
| 38 | Recuperación de calor para calentar agua | 20,0% | 1,2% |
| 39 | Reemplazo de correas de distribución | 4,0% | 0,2% |
| 40 | Reducción de las descargas de aire comprimido | 8,0% | 0,5% |
| | Otras Medidas de Eficiencia Energética | | |
| 41 | Aplicación de filtros para reducir distorsión de armónicos | 20,0% | 17,0% |
| 42 | Compensación del factor de potencia | 2,0% | 1,7% |

A continuación se presentan las mismas mejoras pero ordenadas por importancia relativa en el ahorro total.

Tabla 9.2. Resumen de mejoras de eficiencia energética según la importancia de su ahorro. Fuente: Elaboración propia

| # | Descripción Medida (rankeadas) | Ahorro Relativo | Ahorro Absoluto |
|----|--|-----------------|-----------------|
| 41 | Aplicación de filtros para reducir distorsión de armónicos | 20,0% | 17,0% |
| 13 | Control programado de ventiladores y extractores | 30,0% | 11,4% |
| 16 | Monitorización carga refrigerante | 10,0% | 3,8% |
| 10 | Sistema de gestión energética global | 3,0% | 3,0% |
| 11 | Monitorización de eficiencia | 3,0% | 3,0% |

| # | Descripción Medida (rankeadas) | Ahorro Relativo | Ahorro Absoluto |
|----|---|-----------------|-----------------|
| 27 | Instalación de variadores de velocidad (VSD) | 20,0% | 2,4% |
| 21 | Aislación de apropiada de la caldera | 15,0% | 2,2% |
| 4 | Reemplazar iluminación incandescente por lámparas fluorescentes compactas (CFL) | 65,0% | 2,2% |
| 9 | Implementación de lámparas LED | 60,0% | 2,0% |
| 23 | Purgadores automáticos en condensadores | 5,0% | 1,9% |
| 24 | Correcto dimensionamiento de sistemas de ventilación-refrigeración | 5,0% | 1,9% |
| 42 | Compensación del factor de potencia | 2,0% | 1,7% |
| 1 | Climatización pasiva de edificio | 20,0% | 1,5% |
| 20 | Mantenimiento regular de la caldera | 10,0% | 1,5% |
| 19 | Caldera correctamente dimensionada | 8,0% | 1,2% |
| 31 | Reparación de fugas | 20,0% | 1,2% |
| 38 | Recuperación de calor para calentar agua | 20,0% | 1,2% |
| 12 | Alarma de puertas abiertas, aislación de puertas y ventanas | 15,0% | 1,2% |
| 15 | Monitorización filtros en línea de succión | 3,0% | 1,1% |
| 17 | Sistema de control para compresores | 3,0% | 1,1% |
| 28 | Mantenimiento y monitoreo | 8,0% | 1,0% |
| 30 | Mantenimiento y monitoreo | 15,0% | 0,9% |
| 33 | Reducción del uso de aire comprimido | 15,0% | 0,9% |
| 36 | Controlar la velocidad de motores | 15,0% | 0,9% |
| 26 | Instalación de motores de alta eficiencia | 7,0% | 0,8% |
| 14 | Monitorización contaminantes en refrigerantes | 2,0% | 0,8% |
| 34 | Implementación de sistema de control | 12,0% | 0,7% |
| 7 | Reemplazar lámparas HID por tubos T-5 | 20,0% | 0,7% |
| 25 | Revisión del dimensionamiento adecuado de motores | 5,0% | 0,6% |
| 6 | Cambiar tubos fluorescentes por versiones más eficientes | 15,0% | 0,5% |
| 29 | Reemplazar las correas de distribución | 4,0% | 0,5% |
| 40 | Reducción de las descargas de aire comprimido | 8,0% | 0,5% |
| 2 | Instalación de sistemas de iluminación natural | 14,0% | 0,5% |
| 3 | Instalación de sistemas de control automático de alumbrado | 10,0% | 0,3% |
| 5 | Reemplazar los balasto magnéticos por electrónicos | 8,0% | 0,3% |
| 39 | Reemplazo de correas de distribución | 4,0% | 0,2% |
| 32 | Reducir la caída de presión | 3,0% | 0,2% |
| 37 | Correcto dimensionamiento de tuberías | 3,0% | 0,2% |
| 8 | Reemplazar las luces de mercurio por luces de sodio alta presión | 4,0% | 0,1% |
| 35 | Reducción de la temperatura de entrada al compresor | 2,0% | 0,1% |
| 18 | Control de potencia de luminarias | 0,0% | 0,0% |
| 22 | Cambio de caldera diésel por gas licuado de petróleo | 0,0% | 0,0% |

Finalmente, a modo ilustrativo, se presentan todas las medidas y ahorros de forma gráfica.

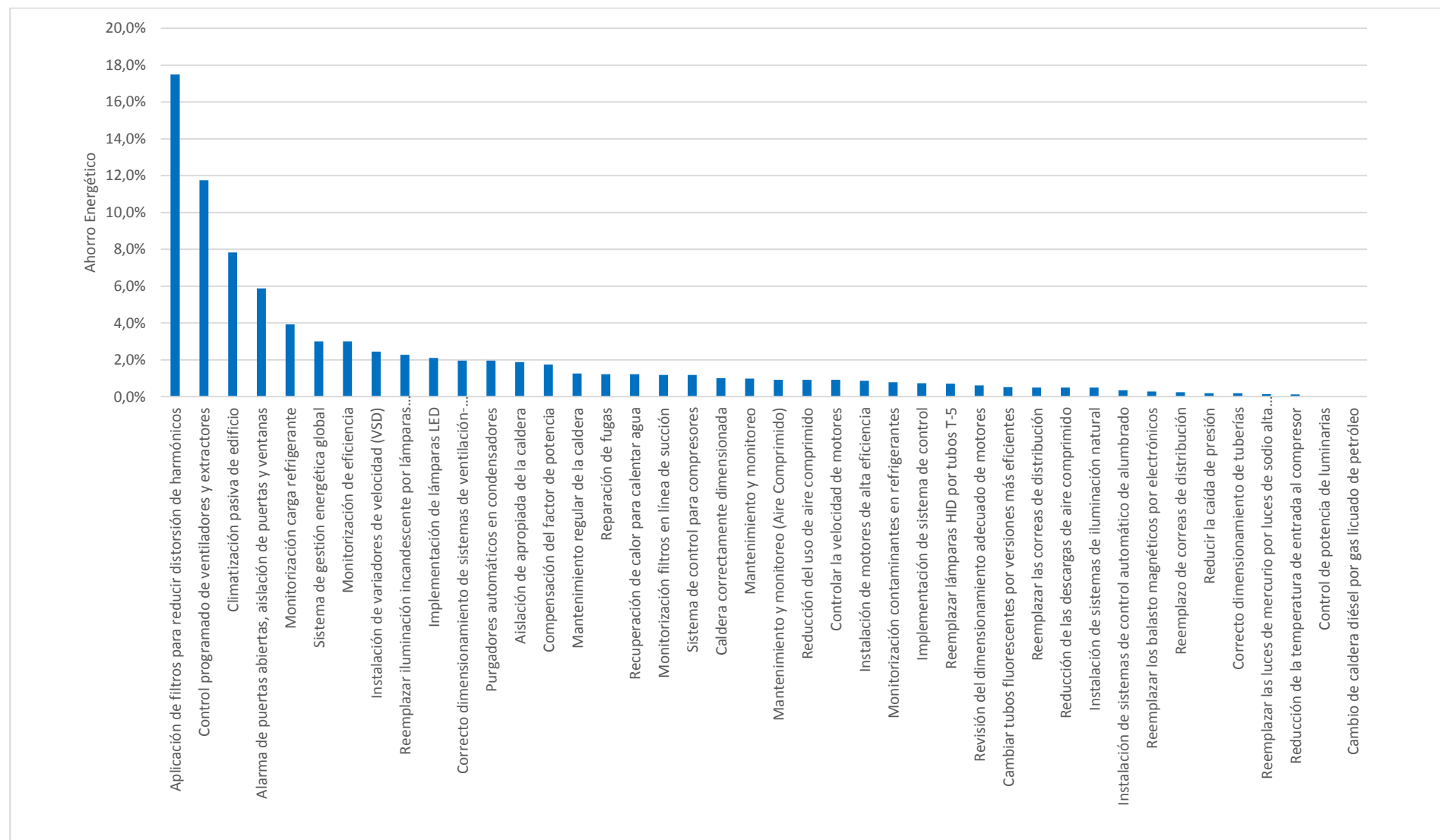


Ilustración 181. Distribución de importancia en el ahorro de las mejoras de eficiencia energética

9.4. Tabla Resumen de Ahorros Económicos de Mejoras

Para las mismas medidas, se ha llevado a cabo un análisis ejemplo de los ahorros económicos por volumen de fruta procesada para un Packing grande en el Maule con un volumen de procesamiento de 23.123 Tn/año.

Se presentan a continuación las medidas anteriores ordenadas por ahorro económico específico anual (CLP/Tn/año), así como unos valores de período de retorno, que deben ser considerados orientativos pues no han sido calculados si no obtenidos de bibliografía, incluyendo fuentes diversas de diversos países del mundo.

Tabla 3. Indicadores económicos de las medidas de eficiencia energética

| # | Descripción Medida (rankeadas) | Ahorro Relativo de energía | Ahorro económico específico (CLP/Tn) | Período de retorno aproximado (años) |
|----|---|----------------------------|--------------------------------------|--------------------------------------|
| 41 | Aplicación de filtros para reducir distorsión de armónicos | 20,0% | 1.558 | ND ¹⁰⁰ |
| 13 | Control programado de ventiladores y extractores | 30,0% | 1.046 | ND |
| 1 | Climatización pasiva de edificio | 20,0% | 698 | ND |
| 12 | Alarma de puertas abiertas, aislación de puertas y ventanas | 15,0% | 523 | 0,1 |
| 16 | Monitorización carga refrigerante | 10,0% | 349 | 0,5 |
| 10 | Sistema de gestión energética global | 3,0% | 249 | 0,9 |
| 11 | Monitorización de eficiencia | 3,0% | 249 | 3,2 |
| 27 | Instalación de variadores de velocidad (VSD) | 20,0% | 218 | 2,0 |
| 4 | Reemplazar iluminación incandescente por lámparas fluorescentes compactas (CFL) | 65,0% | 202 | 1,3 |
| 9 | Implementación de lámparas LED | 60,0% | 187 | ND |
| 24 | Correcto dimensionamiento de sistemas de ventilación-refrigeración | 5,0% | 174 | 0,8 |
| 23 | Purgadores automáticos en condensadores | 5,0% | 174 | 4,8 |
| 42 | Compensación del factor de potencia | 2,0% | 156 | 1,5 |
| 31 | Reparación de fugas | 20,0% | 109 | ND |
| 38 | Recuperación de calor para calentar agua | 20,0% | 109 | ND |
| 15 | Monitorización filtros en línea de succión | 3,0% | 105 | 0,1 |
| 17 | Sistema de control para compresores | 3,0% | 105 | 6,8 |
| 28 | Mantenimiento y monitoreo | 8,0% | 87 | 0,7 |
| 30 | Mantenimiento y monitoreo (Aire Comprimido) | 15,0% | 82 | ND |
| 33 | Reducción del uso de aire comprimido | 15,0% | 82 | ND |
| 36 | Controlar la velocidad de motores | 15,0% | 82 | ND |
| 26 | Instalación de motores de alta eficiencia | 7,0% | 76 | 2,3 |
| 21 | Aislación de apropiada de la caldera | 15,0% | 76 | 1,0 |
| 14 | Monitorización contaminantes en refrigerantes | 2,0% | 70 | 0,8 |
| 34 | Implementación de sistema de control | 12,0% | 65 | ND |
| 7 | Reemplazar lámparas HID por tubos T-5 | 20,0% | 62 | 1,1 |
| 25 | Revisión del dimensionamiento adecuado de motores | 5,0% | 55 | 0,8 |

¹⁰⁰ No hay Datos

| # | Descripción Medida (rankeadas) | Ahorro Relativo de energía | Ahorro económico específico (CLP/Tn) | Período de retorno aproximado (años) |
|----|--|----------------------------|--------------------------------------|--------------------------------------|
| 20 | Mantenimiento regular de la caldera | 10,0% | 50 | 0,7 |
| 6 | Cambiar tubos fluorescentes por versiones más eficientes | 15,0% | 47 | 1,7 |
| 29 | Reemplazar las correas de distribución | 4,0% | 44 | 0,7 |
| 40 | Reducción de las descargas de aire comprimido | 8,0% | 44 | ND |
| 2 | Instalación de sistemas de iluminación natural | 14,0% | 44 | 4,0 |
| 19 | Caldera correctamente dimensionada | 8,0% | 40 | 3,0 |
| 3 | Instalación de sistemas de control automático de alumbrado | 10,0% | 31 | 1,0 |
| 5 | Reemplazar los balasto magnéticos por electrónicos | 8,0% | 25 | 0,8 |
| 39 | Reemplazo de correas de distribución | 4,0% | 22 | ND |
| 32 | Reducir la caída de presión | 3,0% | 16 | ND |
| 37 | Correcto dimensionamiento de tuberías | 3,0% | 16 | ND |
| 8 | Reemplazar las luces de mercurio por luces de sodio alta presión | 4,0% | 12 | 0,7 |
| 35 | Reducción de la temperatura de entrada al compresor | 2,0% | 11 | ND |
| 18 | Control de potencia de luminarias | 0,0% | 0 | ND |
| 22 | Cambio de caldera diésel por gas licuado de petróleo | 0,0% | 0 | ND |

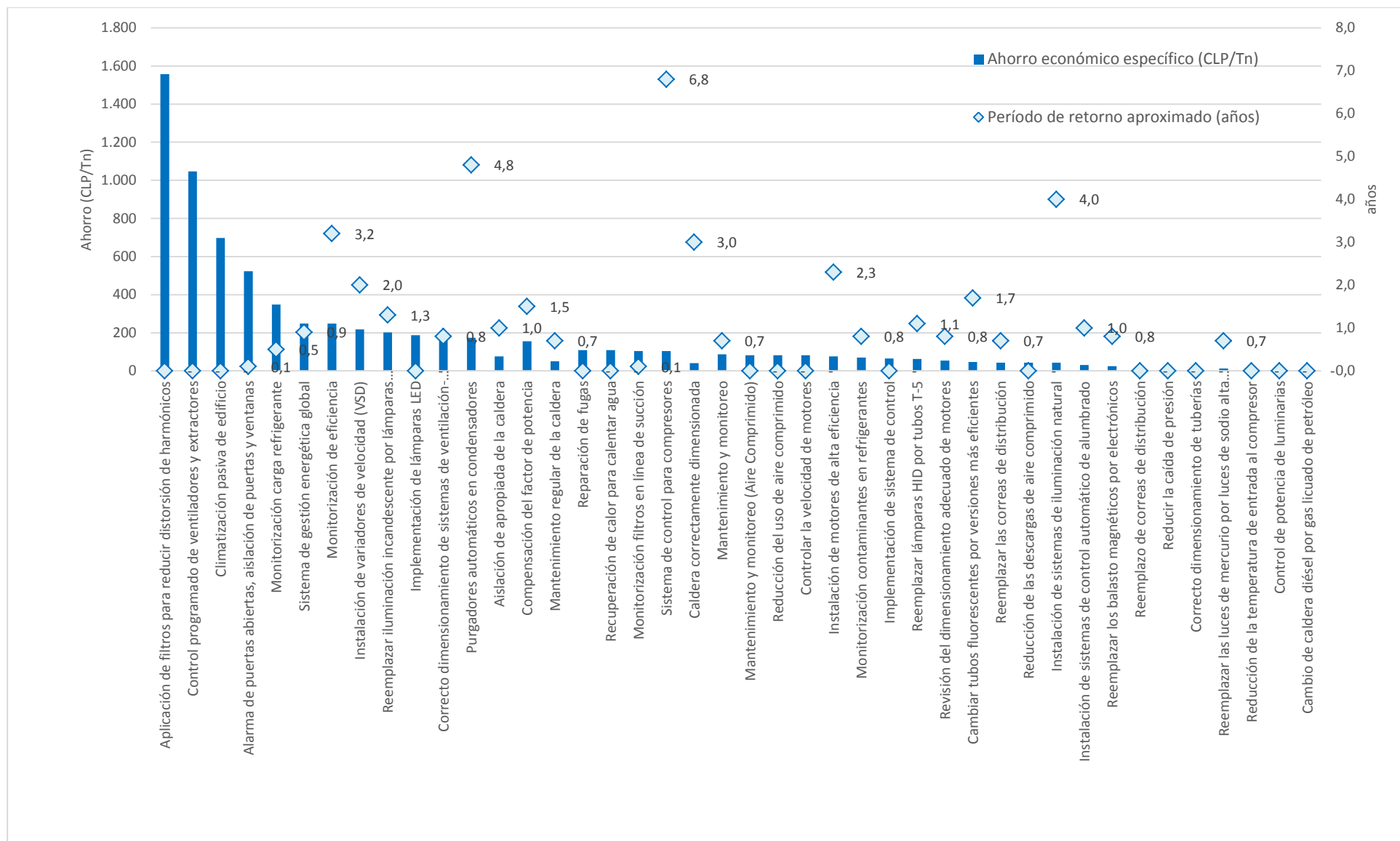


Ilustración 182. Indicadores económicos de las medidas de eficiencia energética

9.5. Reducción de demandas de climatización

En este punto se incluyen todas las medidas de ahorro asociadas a un mejor diseño climático de los galpones de Packing, favoreciendo el uso de estrategias pasivas para reducir las demandas energéticas necesarias para mantener los ambientes en las condiciones de temperatura y humedad requeridas, en los casos que se estimen necesarios para resguardar una adecuada conservación de la fruta y para mejorar las condiciones ambientales de los operarios del Packing.

9.6. Reducción de demandas de iluminación

9.6.1. Instalación de sistemas de iluminación natural (European Commission, 2008)

Esto permite el uso eficiente de luz natural, lo que minimiza el uso de luz artificial en construcciones. El uso adecuado de la luz natural puede reducir el consumo eléctrico, referido a la luz, en algunos casos hasta en un 70%. A diferencia de un tragaluz, un sistema de iluminación natural no produce calor, esto se debe principalmente a que la luz no es focalizada. Un sistema de iluminación puede ser combinado con sistemas controlados de luz artificial, de tal forma de iluminar aún en días nublados.

Ahorro energético: 14%

Tiempo de retorno: 4 años

9.6.2. Instalación de sistemas de control automático de iluminación artificial (European Commission, 2008)

El sistema de control automático de iluminación se basa en los siguientes criterios para el encendido y apagado de las luces:

- Criterios de presencia humana: Las luces sólo se encienden si hay presencia humana.
- Criterio crepuscular: Las luces sólo se encienden si está oscuro.
- Separar los circuitos que cuentan con luz natural de los que no tienen.

Ahorro energético: 10%

Tiempo de retorno: 1 año

9.6.3. Reemplazar iluminación incandescente por lámparas fluorescentes compactas (CFL). (European Commission, 2008)

La iluminación fluorescente dura aproximadamente 10 veces más que la incandescente, además de ahorrar entre el 50 y el 75% del consumo eléctrico por lámpara.

Ahorro energético: 65%

Tiempo de retorno: 1,3 años

9.6.4. Reemplazar los balastos magnéticos por electrónicos (European Commission, 2008)

Un balasto es un mecanismo que regula la cantidad de electricidad requerida para que el tubo fluorescente comience a alumbrar, además mantiene la salida de luz constante.

Ahorro energético: 8%

Tiempo de retorno: 0,8 años

9.6.5. Cambiar tubos fluorescentes por versiones más eficientes (European Commission, 2008)

Por ejemplo, reemplazar T-12 por T-8, ya que además de la mayor eficiencia tienen mayor duración y menor costo.

Ahorro energético: 15%

Tiempo de retorno: 1,7 años

9.6.6. Reemplazar lámparas HID por tubos T-5 (European Commission, 2008)

Entre las características de los T-5 se encuentra: Menor consumo energético, menor pérdida de intensidad de iluminación durante la vida útil, mejores opciones de regulación, encendido y reencendido más rápido, mejor reproducción de color y menos brillo.

Ahorro energético: 20%

Tiempo de retorno: 1,1 años

9.6.7. Reemplazar las luces de mercurio por luces de sodio alta presión. (European Commission, 2008)

Las lámparas de sodio de alta presión ofrecen un ahorro energético del 50 al 60% en comparación con las lámparas de mercurio además de producir menos calor. Lo anterior está sujeto a la desventaja de la pérdida de la calidad de color.

Ahorro energético: 4%

Tiempo de retorno: 0,7 años

9.6.8. Implementación de lámparas LED¹⁰¹

Las lámparas LED utilizan desde un 40 a un 80% menos de electricidad y tienen por lo menos 5 veces más esperanza de vida que las de sodio de alta presión (HPS). Las lámparas LED son 7 veces más eficientes energéticamente que las incandescentes y el doble de eficientes que las lámparas fluorescentes.

9.6.9. Tabla general de recomendación de cambios de luminarias (Comisión Nacional de Energía, Fundación Chile, ASIMET, 2007)

Si bien es cierto que es necesario consultar con un experto los cambios a realizar, esto con la finalidad de no sacrificar la calidad de la iluminación (temperatura de iluminación y lúmenes), a continuación se presenta una tabla general con las recomendaciones de cambios de luminarias:

¹⁰¹ <http://www.grahlighting.eu/learning-centre/street-lighting-technology-comparison>

Tabla 9.4 Cambio de luminaria. Fuente: Comisión Nacional de Energía, Fundación Chile, ASIMET, 2007

| Si actualmente hay | Se recomienda |
|--------------------------------|----------------------------|
| Incandescente 300 W | Haluro Metálico 70 W |
| Incandescente 250 W | Haluro Metálico 70 W |
| Incandescente 200 W | Haluro Metálico 70 W |
| Mixta 160 W (ambiente interno) | Haluro Metálico 70 W |
| Mixta 160 W (ambiente externo) | Vapor de Sodio 70 W |
| Mixta 250 W (ambiente interno) | Haluro Metálico 70 W |
| Mixta 250 W (ambiente externo) | Vapor de Sodio 70 W |
| Mixta 500 W (ambiente interno) | Haluro Metálico 250 W |
| Mixta 500 W (ambiente externo) | Vapor de Sodio 150 W |
| Vapor de Mercurio 80 W | Vapor de Sodio 70 W |
| Vapor de Mercurio 125 W | Vapor de Sodio 70 W |
| Vapor de Mercurio 250 W | Vapor de Sodio 150 W |
| Vapor de Mercurio 400 W | Vapor de Sodio 250 W |
| Halógena 100 W | Fluorescente Compacta 23 W |
| Halógena 150 W | Fluorescente Compacta 2x20 |
| Halógena 300 W | Haluro Metálico 70 W |
| Halógena 500 W | Haluro Metálico 150 W |

9.7. Sistemas de Control y Sistemas de Gestión de la Energía

9.7.1. Sistema de gestión energética global (European Commission, 2008)

Una de las formas más exitosas y costo-eficientes de producir mejoras en eficiencia energética es la de implementar un programa global de eficiencia energética, para toda la organización.

Un sistema de gestión energética global genera los cimientos para cambios positivos y genera pautas para manejar la energía en la organización. En empresas que no presentan un programa claro, se tiende a que las oportunidades de mejora aunque lleguen a ser conocidas, se vean impedidas de implementarse dadas las barreras internas. Un sistema de gestión energética exitoso comienza con un fuerte compromiso a adoptar una política de mejora continua. Las políticas MC requieren de la supervisión y gestión de un director de energía, y un equipo humano que trabaje de forma transversal en la jerarquía de la empresa. Así, se procede a implementar procedimientos que permitan supervisar el desempeño por medio de mediciones continuas, benchmarks y apoyo técnico. La asesoría entregada por el director energético y su equipo permite fijar puntos base y definir metas de mejora. Las metas facilitan la definición de un plan de acción. Para lograr desarrollar el plan de acción es importante involucrar a todo el personal dentro de la empresa. El personal, a todo nivel, debe estar atento al uso de la energía y las metas definidas. Se debe entrenar al equipo humano de la institución respecto a la utilización y aspectos generales de la energía en su uso diario. Se debe informar los resultados de mejora al personal y felicitar los logros alcanzados.

Evaluar el desempeño involucra revisar constantemente la energía utilizada y las actividades desarrolladas en el plan de acción. La información recolectada en las revisiones formales ayuda en la definición de nuevas metas, plan de acción y revelar las buenas prácticas. Es crítico desarrollar un buen sistema de comunicación y reconocer los logros alcanzados, esto facilita el desarrollo y da inercia a futuras actividades.

Ahorro Energético: >3% de la energía del sistema

Tiempo de retorno: 0.9 años

9.7.2. Monitorización de eficiencia (European Commission, 2008)

Aún no se ha hecho común la monitorización automatizada de la energía, pese a ser muy útil para cuantificar la oportunidad de mejorar los componentes de baja eficiencia en muchos sistemas. El monitoreo automatizado permite visualizar el deterioro en el sistema, así como por ejemplo el efecto de una baja carga de refrigerante.

Los costos de un sistema automático de monitorización son proporcionales al tamaño y cantidad de equipos, y puede ser resultar más económico al implementarse en equipos nuevos, dado que gran parte de los datos se puede obtener desde el sistema de control. El sistema de monitorización debe ser capaz de entregar a los operadores información a nivel de sistema y equipos, junto con resúmenes de alto desempeño para la gestión.

Ahorro Energético: 3% de la energía del sistema

Tiempo de retorno: 3,2 años

9.7.3. Alarma de puertas abiertas, aislación de puertas y ventanas. (European Commission, 2008)

Permite reducir la carga de infiltración por la apertura de puertas y ventanas. La apropiada gestión en manejo de puertas y sellos herméticos en puertas y ventanas reduce la necesidad de refrigeración, dado que se limita la infiltración de aire caliente.

Ahorro Energético: 15% de la energía de enfriamiento

Tiempo de retorno: 0,1 años

9.7.4. Control programado de ventiladores y extractores (European Commission, 2008)¹⁰²

Permite reducir la energía consumida por los motores de inyección y extracción de aire. El objetivo de cualquier sistema de control es reducir el uso innecesario de los equipos hasta que sean necesarios. Los sistemas de control remoto permiten la partida y parada de funcionamiento en equipos de forma más rápida y precisa a la hora de ser requeridos.

Ahorro Energético: 30% del consumo energético en el equipo controlado

Tiempo de retorno: -----

9.7.5. Monitorización contaminantes en refrigerante (European Commission, 2008)

Realizar un monitoreo periódico en busca de contaminantes como aceite, agua u otros materiales en el refrigerante puede revelar problemas en la operación y mantenimiento de los equipos.

Ahorro Energético: 2%

¹⁰² (Borregard, Medina, Carretero, Klemmer, & Bordeu, 2009)

Tiempo de retorno: 0,8 años

9.7.6. Monitorización filtros en línea de succión (European Commission, 2008)

Los escombros en los filtros generan una caída de presión, pero también es importante saber si algo está siendo arrastrado hacia el exterior junto con el vapor de retorno. En caso de existir una fuga, lo más probable es que haya algún tipo de erosión en el interior de la cañería lo que podría llevar a un fallo prematuro de la misma. En caso de encontrar escombros, se debe realizar un estudio para determinar la velocidad de corrosión.

En general esta medida se aplica a pequeños sistemas de expansión directa, usualmente con halocarbonos y no amoníaco, sin embargo se puede monitorear todo tipo de sistemas en busca de caídas de presión inusuales las que pueden originarse desde muchas fuentes.

Ahorro Energético: 3% del consumo en refrigeración

Tiempo de retorno: 0,1 años

9.7.7. Monitorización carga refrigerante (European Commission, 2008)

Una baja carga de refrigerante afecta a muchos sistemas pequeños de expansión directa, este modo de falla puede existir sin indicadores obvios en grandes sistemas por inundación o recirculación. Sin esta medida, el sistema seguirá corriendo hasta que no se pueda mantener. Se debe considerar que esta medida generalmente no se aplica a grandes sistemas a base de amoníaco, pero puede ser sustancial aplicarlo. Se estima que uno de cada seis sistemas de expansión directa tiene una baja carga de refrigerante (a veces sobrecarga) lo cual fuerza a utilizar hasta un 20% más de energía para refrigerar.

Ahorro Energético: 10% de la energía de refrigeración

Tiempo de retorno: 0,5 años

9.7.8. Sistema de control para compresores (European Commission, 2008)

Los compresores suelen integrar un sistema de control, sin embargo el sistema computarizado suele imitar set points electro-mecánicos. Los ahorros de esta medida suelen provenir de estrategias de mejora específica y set points, así como optimizar la operación del compresor (en caso de que se utilicen múltiples compresores en paralelo) a modo de reducir la carga-parcial ineficiente o puntos de succión flotante. En general se recomienda utilizar compresores de tornillo para alcanzar la carga base, y utilizar compresores reciprocantes para los recortes. No se debe utilizar compresores de tornillo por debajo del 50% de su capacidad de diseño, mientras que los compresores reciprocantes trabajan capacidades menores. Esta medida puede involucrar un mejor control sobre maquinas paralelas con un control de feedback estándar, o carga predictiva que aún no se ha desarrollado para refrigeración.

Ahorro Energético: 3% del consumo del compresor

Tiempo de retorno: 6,8 años

9.8. Mejoramiento de los sistemas de producción de calor y frío existentes

9.8.1. Caldera correctamente dimensionada (Ministerio de Industria Turismo y Comercio, 2007)

Una caldera dimensionada de acuerdo a los requerimientos energéticos exigidos permite utilizar de forma eficiente el combustible empleado y reducir los costos de operación. Al utilizar calderas pequeñas estas se verán sobre exigidas o incluso incapaces de alcanzar las temperaturas requeridas. Por otro lado, el utilizar calderas muy grandes fuerza a calentar más fluido del necesario, calentar por sobre la temperatura requerida, o utilizar una flama inadecuada para el óptimo aprovechamiento de la cámara de combustión. En sí, una caldera muy grande produce una mayor producción de gases, energía no aprovechada y costos innecesarios.

Ahorro energético: 8% Consumo de la caldera

Tiempo de retorno: 3 años

9.8.2. Mantenimiento regular de la caldera (European Commission, 2008)

Un programa de mantención que asegure el correcto funcionamiento de los distintos componentes de una caldera puede resultar en ahorros sustentables. La ausencia de un apropiado mantenimiento hace que los quemadores y sistema de retorno se gasten o desajusten. El desajuste ocasiona que falle la zona caliente de los tubos de la caldera o se escame la zona fría. Los factores mencionados pueden costarle al sistema de calor entre el 20 y 30% de la eficiencia inicial en un periodo de 2 a 3 años. Se estima que es posible ahorrar 10% de la energía promedio. La correcta mantención puede reducir también las emisiones a la atmosfera.

Ahorro Energético: 10% Consumo de la Caldera

Tiempo de retorno: 0,7 años

9.8.3. Aislación apropiada de la caldera (European Commission, 2008)

Es posible utilizar nuevos materiales, con mejor aislación y que presenten menor capacidad calorífica (acelerando el tiempo de calentamiento). Estos materiales, combinados con un apropiado control del circuito del calefactor, permiten ahorrar entre 6 y 26% de la energía utilizada. Es necesario actualizar el sistema de control, a modo de recuperar la temperatura de salida alcanzada con la aislación antigua. Dado que la fibra cerámica presenta una capacidad calorífica inferior, la temperatura de salida es más vulnerable a fluctuaciones en los elementos calefactores. Se menciona como beneficio adicional que al iniciar se alcanza la temperatura deseada en menos tiempo.

Ahorro Energético: 15% del consumo de la caldera

Tiempo de retorno: 1 año

9.8.4. Cambio de caldera diésel por gas licuado de petróleo (European Commission, 2008)

Las fluctuaciones en el precio de uno u otro combustible son un fuerte incentivo para el cambio. Además, el GLP es inyectado a la cámara de combustión en forma gaseosa, contraria a la inyección de neblina del diésel, favoreciendo la combustión y facilitando una mayor densidad calorífica. Así el GLP entrega una mejor relación costo/beneficio.

El GLP favorece la mezcla air-combustible, llegando a una eficiencia térmica de hasta 90%.

En el contexto ambiental, el GLP produce menos gases contaminantes y residuos sólidos, los que limitan la eficiencia de la caldera e incluso la podrían dañar por abrasión.

La adaptación de los equipos para utilizar GLP es sencilla, económica y rápida.

Reduce los costos de mantenimiento de las unidades productivas.

9.8.5. Purgadores automáticos en condensadores (European Commission, 2008)

Los purgadores automáticos son utilizados para remover el aire y otros elementos no-condensables. Se recomienda remover el aire y otros no-condensables de los chillers glicol/agua al menos trimestralmente, y de forma más seguida en periodos de utilización intensa. Se estima que por cada 1% de no-condensables en el sistema resulta en un 1% en pérdida de eficiencia, dependiendo del refrigerante utilizado.

Ahorro Energético: 5% del consumo de Chillers

Tiempo de retorno: 4,8 años

9.8.6. Correcto dimensionamiento de sistemas de ventilación-refrigeración (European Commission, 2008)

Los motores y bombas de dimensiones inapropiadas resultan en pérdidas innecesarias de energía. El mismo principio se aplica para sistemas de ventilación y refrigeración. Donde es posible reducir las cargas máximas, también es posible reducir el ventilador y motor. Corregir el sobredimensionamiento ahorra más del 1.2% del consumo eléctrico de un motor, y el ahorro es aún mayor cuando se reemplazan motores demasiado pequeños para la operación. En caso de reemplazar sistemas que utilizan solo un motor.

Ahorro Energético: 5% en el consumo del motor

Tiempo de retorno: 0,8 años

9.9. Medidas de Eficiencia Energética en Procesos

9.9.1. Motores

9.9.1.1. Revisión del dimensionamiento adecuado de motores. (European Commission, 2008)

El dimensionamiento errado del tamaño de los motores puede llegar a producir un gasto energético innecesario. Si se pueden reducir los peaks de consumo, entonces se puede reducir el tamaño de los motores. El correcto dimensionamiento de motores puede reducir hasta 1.2% del consumo energético en este ítem.

Ahorro energético: 5%

Tiempo de retorno: 0,8 años

9.9.1.2. Instalación de motores de alta eficiencia. (European Commission, 2008)

Motores de alta eficiencia reducen las pérdidas de energía ya que cuentan con un mejor diseño, mejores materiales, tolerancias más estrechas y técnicas de fabricación mejoradas. Con una instalación adecuada, motores de bajo consumo corren más frescos y en

consecuencia tienen factores de servicio más altos, menos vibraciones, mayor vida útil de rodamientos y aislaciones.

Ahorro energético: 7%

Tiempo de retorno: 2,3 años

9.9.1.3. *Instalación de variadores de velocidad (VSD) (European Commission, 2008)*

Permite ajustar la velocidad de los motores según los requisitos de la carga. Existen varias tecnologías para conseguir este propósito. Pueden ser usados en motores industriales que tengan caras variables.

Ahorro energético: 20%

Tiempo de retorno: 2 años

9.9.1.4. *Mantenimiento y monitoreo (European Commission, 2008)*

A pesar de que el principal propósito del mantenimiento de los motores es prolongar la vida útil de los mismos, como beneficio adicional se puede obtener un ahorro energético. Al implementar metódicamente planes de mantenimiento se logran beneficios energéticos que van desde un 2% hasta un 30%.

Ahorro energético: 8%

Tiempo de retorno: 0,7 años

9.9.1.5. *Reemplazar las correas de distribución. (European Commission, 2008)*

Datos indican que al menos un 4% de las bombas utilizan correas de distribución, en las cuales incluso se pueden reemplazar por un acople directo. Con esta medida se puede alcanzar hasta un 4% de eficiencia.

Ahorro energético: 4%

Tiempo de retorno: 0,7 años

9.9.2. **Aire Comprimido**

Las propuestas de mejoras sugeridas para mejorar la eficiencia energética en cuanto al aire comprimido son:

9.9.2.1. *Mantenimiento y monitoreo*

La falta de mantenimiento puede bajar la eficiencia en la compresión e incrementar las pérdidas de aire u ocasionar presiones variables, así como también incrementar las temperaturas de trabajo, mal control de la humedad y excesiva contaminación. Al mejorar el mantenimiento se reducen estos problemas y se ahorra energía.

9.9.2.2. *Reparar fugas*

Las fugas de aire pueden ser una fuente significativa de pérdida de energía. Una planta típica que no tiene buen mantenimiento puede tener pérdidas que van desde el 20% hasta un 50%

del total de la capacidad de producción de aire comprimido. El mantenimiento puede bajar este número a menos del 10% y en un año se puede reducir en 20% el consumo dispuesto a energía para aire comprimido.

La magnitud de la pérdida varía según el tamaño de la fuga en la tubería o equipo. Un compresor funcionando 2.500 horas por año a 6 bar, con una perforación de 0.5 milímetros, se estima que pierde 250 kWh/año, con 1 milímetro pierde 1.100 kWh/año, con 2 milímetros pierde 4.500 kWh/año y con 4 milímetros pierde 11.250 kWh/año.

9.9.2.3. *Reducir la caída de presión*

Tener caídas de presión de aire muy grandes provoca un mal desempeño del sistema y consumo excesivo de energía.

Cualquier tipo de restricción en el flujo del aire comprimido, como obstrucciones o rugosidad, hace que requieran mayores presiones de operación. Con lo anterior se aumenta consecutivamente la energía necesaria para que el compresor opere. Por cada 2 psi de restricción se requiere un 1% más de energía de operación.

Las mayores caídas de presión se encuentran generalmente en los puntos de uso, incluyendo sub-dimensionamiento o fugas de mangueras y tubos, desconexiones, filtros, reguladores, válvulas, boquillas y lubricadores (en lado de la demanda), y separadores de aire / lubricante en compresores rotativos lubricados y post-enfriadores, separadores de humedad, secadores y filtros (lado de la fuente o compresor).

9.9.2.4. *Reducción del uso de aire comprimido*

Apagar completamente el aire comprimido si no hay equipos que lo estén utilizando. Esto se puede hacer con una válvula solenoide.

Para muchas operaciones se pueden buscar métodos más económicos en lugar de aire comprimido, estas medidas deben ser analizadas caso a caso.

9.9.2.5. *Implementación de sistema de control*

Los compresores utilizan gran cantidad de energía, ya sea a plena carga o no. Es por esto que se debe evitar trabajar a media carga. Por ejemplo, los compresores de tornillo rotativo aunque no estén prestando trabajo útil, consumen de entre 15% a 35% de la energía que consumen estando a plena carga.

Con un sistema de control se puede lograr apagar los compresores que no son necesarios y retrasar el encendido de compresores hasta el momento en que sean requeridos. Todas las unidades que están encendidas deben estar trabajando a carga completa, excepto por sola una. Con un sistema de control se puede ahorrar desde el 10% de energía e implementando sistemas más sofisticados, que incluyen control de velocidad, se puede superar el 12%.

9.9.2.6. *Reducción de la temperatura de entrada al compresor*

Si el flujo de aire se mantiene constante, la reducción de la temperatura del aire de entrada reduce la energía utilizada por el compresor. En muchas plantas, es posible reducir la temperatura del aire de entrada al compresor utilizando tomas de aire desde el exterior del edificio. Como regla general, cada 3 ° C, se ahorra el 1% de la energía del compresor.

9.9.2.7. Controlar la velocidad de motores

Sistemas de control de velocidad de motores son controlados según los requerimientos de la carga. Existen variadas tecnologías disponibles a nivel mundial. El retorno económico puede variar ampliamente dependiendo del tamaño del motor. Implementando un sistema de control de velocidad se puede ahorrar hasta un 15% del consumo anual de energía dedicada a este ámbito.

9.9.2.8. Correcto dimensionamiento de tuberías

El mal dimensionamiento de las tuberías provoca pérdidas de presión, aumenta las fugas y genera costos extra. Incrementar el diámetro de las tuberías comúnmente reduce el consumo anual de este ítem en un 3%.

9.9.2.9. Recuperación de calor para calentar agua

Entre el 80 y el 93% de la energía eléctrica utilizada en la industria para aire comprimido se convierte en calor. En muchos casos, se pueden implementar unidades que permiten recuperar entre el 50 y el 90% de ese calor dándole diversos usos.

Se estima que más de 14 kWh de energía están disponibles por cada 170 m³/h de capacidad (a plena carga). El tiempo de retorno de la inversión se estima comúnmente en menos de 1 año.

9.9.2.10. Reemplazo de correas de distribución

Datos indican que al menos un 4% de las bombas utilizan correas de distribución, en las cuales incluso se pueden reemplazar por un acople directo. Con esta medida se puede alcanzar hasta un 4% de eficiencia.

9.9.2.11. Reducción de las descargas de aire comprimido

Las descargas de aire comprimido deben ser reducidas al mínimo, los ahorros energéticos se producen dependiendo del tiempo que se logra mantener apagado el compresor de aire. Según una auditoría en una viña de California se logró ahorrar el 8% de la energía de este ítem.

9.9.2.12. Tabla Resumen

Tabla 5. Tabla resumen de medidas de ahorro en Aire Comprimido. Fuente elaboración propia

| Mejora | Ahorro energético | Tiempo de retorno (años) |
|---|-------------------|--------------------------|
| Mantenimiento y monitoreo | 15% | 0,5 |
| Reparar fugas | 20% | 0,3 |
| Reducir la caída de presión | 3% | 0,2 |
| Reducción del uso de aire comprimido | 15% | 0,9 |
| Implementación de sistemas de control | 12% | 1,5 |
| Reducción de la temperatura de entrada al compresor | 2% | 1,7 |
| Controlar la velocidad de motores | 15% | 2,0 |
| Corregir el tamaño de tuberías | 3% | 3,3 |
| Recuperación de calor para calentamiento de agua | 20% | 1,0 |
| Reemplazar las correas de distribución de motores | 4% | 0,7 |
| Reducción de las descargas de aire comprimido | 8% | 0,0 |

9.10. Otras Medidas de Eficiencia Energética

9.10.1. Aplicar filtros para reducir Distorsión armónica (Borregard, Medina, Carretero, Klemmer, & Bordeu, 2009)

La distorsión armónica puede significar hasta un 20% de pérdida de eficiencia energética.

La aplicación de filtros está sujeta a estudios caso a caso. Las causas de la distorsión armónica son variadas: rectificadores con filtros de entrada capacitivos, cargadores de baterías, balastos electrónicos, variadores de frecuencia y fuentes switching (como la de los computadores)

9.10.2. Mejorar el factor de potencia. (European Commission, 2008)

El factor de potencia (fp) es un indicador, cualitativo y cuantitativo, que muestra la relación entre la potencia activa o real, que es la efectivamente consumida, y la potencia aparente.

$$f.p. = (P_{activa})/|P_{aparente}|$$

La potencia aparente se puede dividir en 2 tipos: capacitiva e inductiva, esta última es la más común y es producida principalmente por motores eléctricos, transformadores, equipos de refrigeración y lámparas fluorescentes.

El factor de potencia se puede calcular directamente desde la factura entregada por la empresa distribuidora de electricidad:

$$f.p. = \cos(\text{Arctan}(kVArh/kWh))$$

Las distribuidoras de energía tienen la atribución de aplicar un recargo por factor de potencia, cuando el factor de potencia medio mensual es inferior a 0,93. Éste consiste en un recargo de un 1% por cada centésima en que dicho factor baje de 0,93. Esto se fundamenta en costos operacionales asociados a la transmisión y transformación de energía.

La solución común al problema de disponer de bajo factor de potencia es agregar carga reactiva capacitiva, esto se logra por medio de un banco de condensadores. Los bancos de condensadores deben ser calculados para las necesidades particulares, incluso la tecnología permite el uso de bancos de condensadores ajustables según las variaciones de la carga reactiva inductiva.

Ahorro energético: 2%

Tiempo de ahorro: 1,5 años

9.11. Recomendaciones de Manejo según Fedefrutas

Se recogen a continuación algunas recomendaciones específicas de manejo en los Packing extraídas del “Manual de Buenas Prácticas Energéticas para la Industria Frutícola” de Fedefrutas.

9.11.1. Refrigeración

- Siempre se debe considerar la recuperación del calor de equipos de refrigeración como elementos de secado.
- Elaborar un programa para realizar inspecciones y testeos regulares en la Instalación para el sistema de refrigeración. Este debe incluir una revisión de los sistemas de control y set-points para las temperaturas de los Evaporadores y Condensadores.
- Verificar si hay un Programa de mantención, en caso contrario debe ser elaborado

- formalmente.
- Verificar si tienen los Compresores un sistema donde se evalúe el coeficiente de rendimiento (COP) y el Sistema de Eficiencia Total (SCOP) y debe ser medido regularmente.
- El sistema de Refrigeración de la Operación de la Planta deberá ser revisado frecuentemente para reflejar los cambios de producción de la Instalación y las condiciones del tiempo.
- Verificar y registrar si están operando los equipos de refrigeración durante las horas del peak de demanda.
- Verificar si existe un excesivo o inadecuado descongelamiento de los evaporadores. Eliminar la posibilidad de que ellos no se congelen a menudo.
- Verificar si el sistema de organización interna dentro de las cámaras hay zonas de estratificación de los ventiladores en los cielos y pasillos de las cámaras de refrigeración. Eliminar en lo posible.
- Revisar constantemente si el aislamiento térmico de las paredes es la adecuada. Verificar si hay indicios de congelación o condensación en los exteriores e interiores de las paredes.
- Verificar el aislamiento de las techumbres sea el adecuado.
- Estudiar si las ventanas de vidrio simple. Registrar cuando se quiebran o fracturan los vidrios.
- Eliminar las holguras entre los cierres y terminaciones de los marcos de ventanas y paredes.
- Verificar que todas las puertas externas sean libres de corrientes de aire cuando se cierran.
- Verificar que las puertas del recinto (puerto) de carga, se instalen con sellos de carga.
- Verificar si hay calefacción y que esta sea controlada en el área; si es sí, la temperatura se debe mantener en niveles mínimos aceptables.
- Evaluar los sellos de aire (cortinas y láminas) que pueden ser usadas alrededor de las puertas de carga de los camiones.
- Evaluar todas las medidas para prevenir el ingreso de aire caliente desde el área de envasado a las áreas refrigeradas.
- Mantener cerradas las puertas de carga cuando no están en uso.
- Verificar si se puede reducir el nivel de iluminación.
- Verificar si está siendo usado sistema de iluminación de alta eficiencia.
- En el caso de estar utilizando montacargas eléctricos, asegurar que sus baterías son cargadas durante el periodo fuera del peak de demanda.

9.11.2. Cámaras de almacenamiento

- Tener un programa de mantenimiento preventivo de las unidades de refrigeración.
- Considerar deshielo de evaporadores automáticos. Controlar el drenaje de condensado.
- Los compresores deben estar en un recinto cerrado y de acceso restringido.
- Plan de Mantenimiento chequeo y revisión de los sellos de puertas de cámaras y antecámaras.
- Iluminación adecuada al servicio. Diseño en eficiencia energética.
- Utilizar cortinas transparentes de PVC tipo láminas. (Eliminar el ingreso de aire húmedo al ambiente interno.
- Intentar eliminar todas las líneas de circulación del líquido de amonio por entretechos de las cámaras al igual que las válvulas.
- Política de stocks adecuada a la cantidad de carga térmica a desarrollar (automatizar el sistema de frío del sistema).
- Diseñar una Política de Mantención de Puertas cerradas
- Control de temperatura, humedad y concentración de gases, según los niveles permitidos por especie.

- Dejar distancia apropiada entre los Bins y las paredes de la cámara para mantener una buena circulación del aire frío (20 cm).
- Mantener los pallets ordenados dentro de las cámaras.
- Mantener los sensores de temperatura calibrados.
- Mantener las puertas cerradas y colocar señalética indicando el acceso restringido.

10. Recomendaciones de actuación

10.1. Intervenciones Técnicas

Como primer punto de estas recomendaciones, se debe destacar que el bajo volumen y alta estacionalidad de las demandas de calor en la industria del Packing hace poco recomendable invertir en tecnologías renovables para ello, como la solar térmica o la cogeneración con biodigestión de residuos.

Dicho esto y centrando la reflexión en la intervenciones de índole eléctrico y de refrigeración, se debe tener en cuenta el nivel de interacción de las distintas medidas y entender las potenciales afectaciones mutuas entre ellas. En este sentido destacar:

- D. Las renovables eléctricas compiten por el autoconsumo o por la capacidad de evacuación y sus costos mejoran con la potencia, por lo que se recomienda invertir en una única tecnología en su tamaño máximo, en lugar de diversificar fuentes.
- E. La salvedad a la afirmación anterior la representa la posibilidad de hacer dos instalaciones en el marco de la Ley 20.571, pues sus condiciones de inyección hacen que no exista competencia por la demanda real del Packing, cuando esto sea posible por existir dos puntos de conexión y capacidad técnica de evacuación.
- F. Las intervenciones presentes o futuras de eficiencia energética u otras que puedan reducir el consumo eléctrico, deben tomarse en cuenta en el dimensionado de los sistemas ENRC excepto cuando éstas últimas se desarrollen al amparo de la Ley 20.571, dado que por su naturaleza no se prevé afectación en la rentabilidad de las inversiones.

En lo referente a eficiencia energética, independientemente de la Región y del tamaño del Packing se recomienda evaluar y llevar a cabo actuaciones como las siguientes:

- Aplicación de filtros para reducir distorsión de armónicos
- Control programado de ventiladores y extractores
- Sistema de gestión energética global
- Monitorización de eficiencia
- Instalación de variadores de velocidad (VSD)
- Aislación de apropiada de la caldera
- Implementación de lámparas LED
- Purgadores automáticos en condensadores
- Correcto dimensionamiento de sistemas de ventilación-refrigeración
- Compensación del factor de potencia
- Climatización pasiva de edificio
- Mantenimiento regular de la caldera
- Caldera correctamente dimensionada
- Reparación de fugas
- Recuperación de calor de compresores para calentar agua
- Alarma de puertas abiertas, aislamiento de puertas y ventanas
- Sistema de control para compresores

En lo referente a la integración de renovables en base a la visualización de la Tabla 113, se recomienda lo siguiente

- Modificar los sistemas de climatización incorporando condensación por agua freática para Packings por encima de los 15.000Tn de Atacama a El Maule, pues se trata de una intervención muy interesante y robusta frente a las variaciones de condiciones financieras
- Al norte del Bío Bío, se recomienda la instalación sistemas fotovoltaicos para Packings grandes, bajo esquema PMGD y comparar fotovoltaica y la mini hidráulica para Packings medianos
- Al sur del Bío Bío se recomienda priorizar la instalación de sistemas de mini hidro siempre que existan cauces con recursos para ello, buscando el máximo dimensionamiento del mismo, sea en el marco de la Ley 20.571 o como PMGD
- Para Packing pequeños, siempre que sea posible se recomienda la instalación de mini hidro y en caso que no lo sea, se puede optar por la fotovoltaica bajo 100kW.

Tabla 113. Períodos de retorno para todas las tecnologías, localizaciones y tamaños, con apalancamiento 70%, estacionalidad 1 y evolución precio de la electricidad +5,2%. Fuente: Elaboración propia

| Región | Tecnología | Fotovoltaica | | | Eólica | | Hidráulica | | Freático | |
|------------|-----------------|--------------|--------|--------|--------|--------|------------|--------|----------|--|
| | Producción (kg) | P (kW) | PR (a) | P (kW) | PR (a) | P (kW) | PR (a) | P (kW) | PR (a) | |
| Atacama | 1.000.000 | 53 | 10 | | | | | 53 | 10 | |
| | 5.000.000 | 248 | 7 | 100 | 18 | | | 248 | 4 | |
| | 20.000.000 | 478 | 6 | 478 | 17 | | | 956 | 2 | |
| Coquimb | 750.705 | 43 | 10 | 43 | 20 | 43 | 6 | | 0 | |
| | 3.753.526 | 201 | 6 | 100 | 17 | 100 | 6 | 201 | 6 | |
| | 15.014.105 | 390 | 5 | 390 | 16 | 780 | 6 | 780 | 2 | |
| Valparaíso | 1.019.070 | 59 | 8 | 59 | 12 | 59 | 5 | | | |
| | 5.095.351 | 274 | 6 | 100 | 11 | 100 | 5 | 274 | 8 | |
| | 20.381.403 | 529 | 5 | 1.000 | 11 | 1.000 | 5 | 1.000 | 2 | |
| Metropoli | 1.085.900 | 61 | 10 | 61 | 20 | 15 | 10 | | | |
| | 5.429.502 | 285 | 7 | 100 | 17 | 100 | 10 | 285 | 6 | |
| | 21.718.008 | 549 | 6 | 549 | 15 | 1.000 | 7 | 1.000 | 2 | |
| O'Higgins | 1.011.870 | 57 | 9 | 57 | 13 | 57 | 6 | | | |
| | 5.059.348 | 267 | 6 | 100 | 11 | 100 | 6 | 267 | 7 | |
| | 20.237.390 | 514 | 5 | 1.000 | 10 | 1.000 | 5 | 1.000 | 2 | |
| El Maule | 1.232.023 | 67 | 8 | 67 | 13 | 17 | 6 | | | |
| | 6.160.114 | 315 | 6 | 100 | 12 | 100 | 6 | 315 | 5 | |
| | 24.640.456 | 610 | 5 | 1.000 | 9 | 1.000 | 5 | 1.000 | 2 | |
| Biobío | 360.650 | | | 18 | 19 | 18 | 6 | | 0 | |
| | 1.803.248 | 81 | 8 | 81 | 13 | 81 | 6 | | 0 | |
| | 7.212.993 | 311 | 7 | 100 | 12 | 100 | 5 | 311 | 5 | |
| Araucanía | 411.783 | | | 20 | 17 | 5 | 5 | | | |
| | 2.058.914 | 93 | 10 | 93 | 11 | 93 | 5 | | | |
| | 8.235.657 | 358 | 8 | 100 | 12 | 100 | 5 | 358 | 5 | |
| Los Ríos | 596.500 | | | 24 | 17 | 6 | 5 | | | |
| | 2.982.500 | 111 | 13 | 55 | 13 | 28 | 5 | 111 | 7 | |
| | 11.930.000 | 426 | 8 | 100 | 11 | 100 | 5 | 426 | 3 | |
| Los Lagos | 570.000 | | | 21 | 17 | 5 | 5 | | | |
| | 2.850.000 | 98 | 12 | 98 | 11 | 98 | 6 | 98 | 7 | |
| | 11.400.000 | 189 | 9 | 100 | 11 | 100 | 5 | 377 | 4 | |

11. Mapas representativos

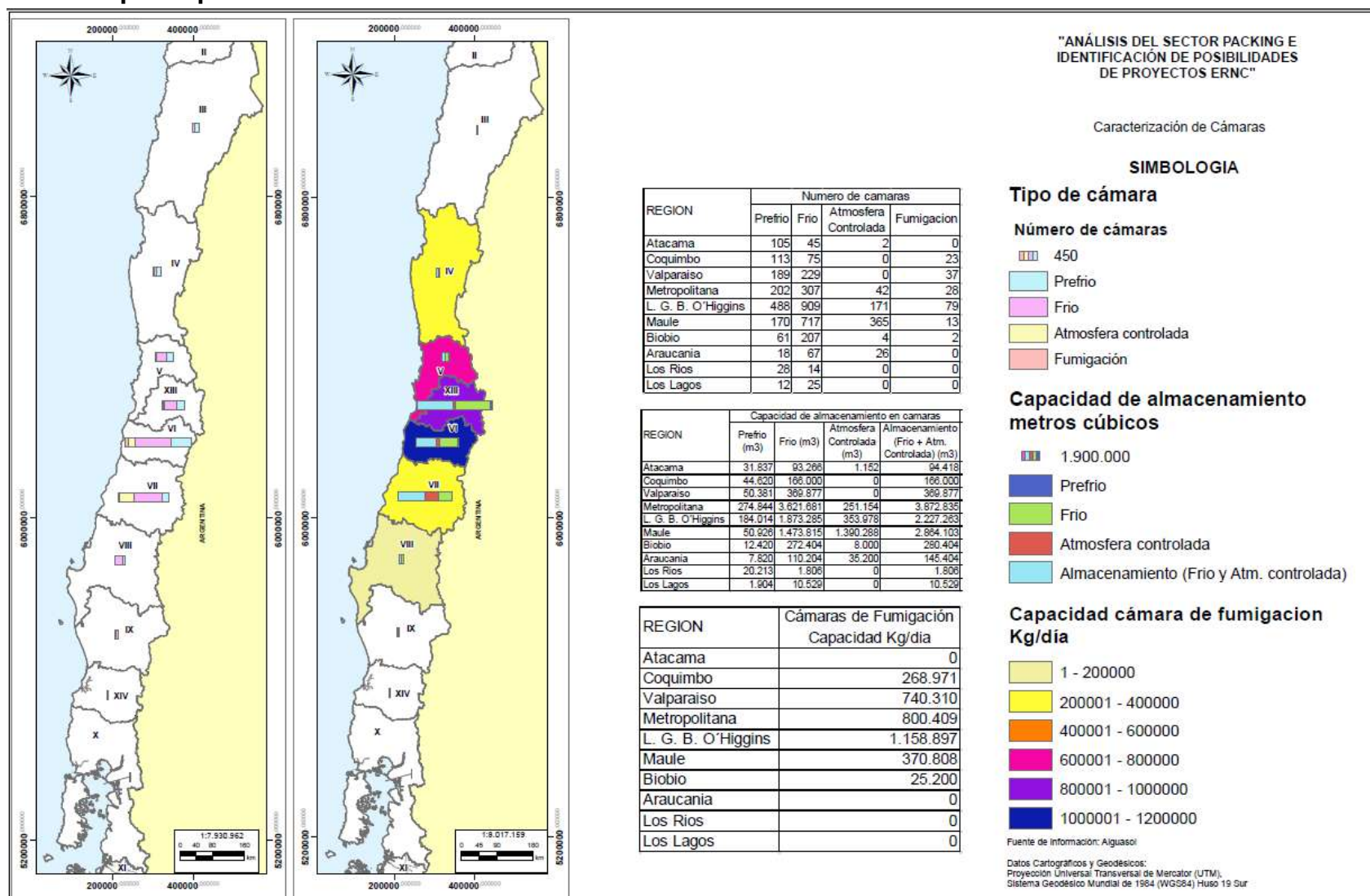


Ilustración 183. Caracterización de cámaras

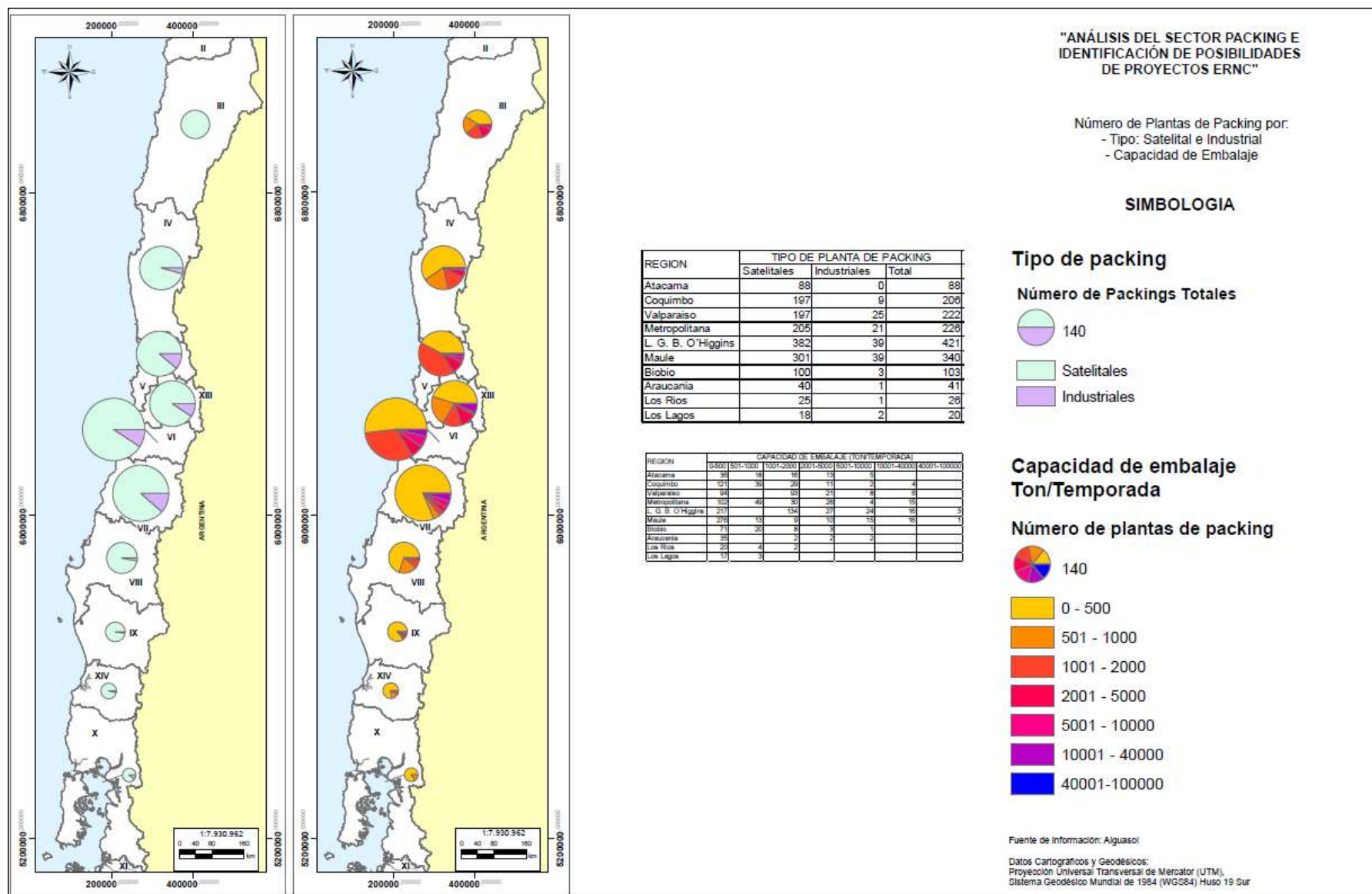


Ilustración 184. Caracterización de Packings

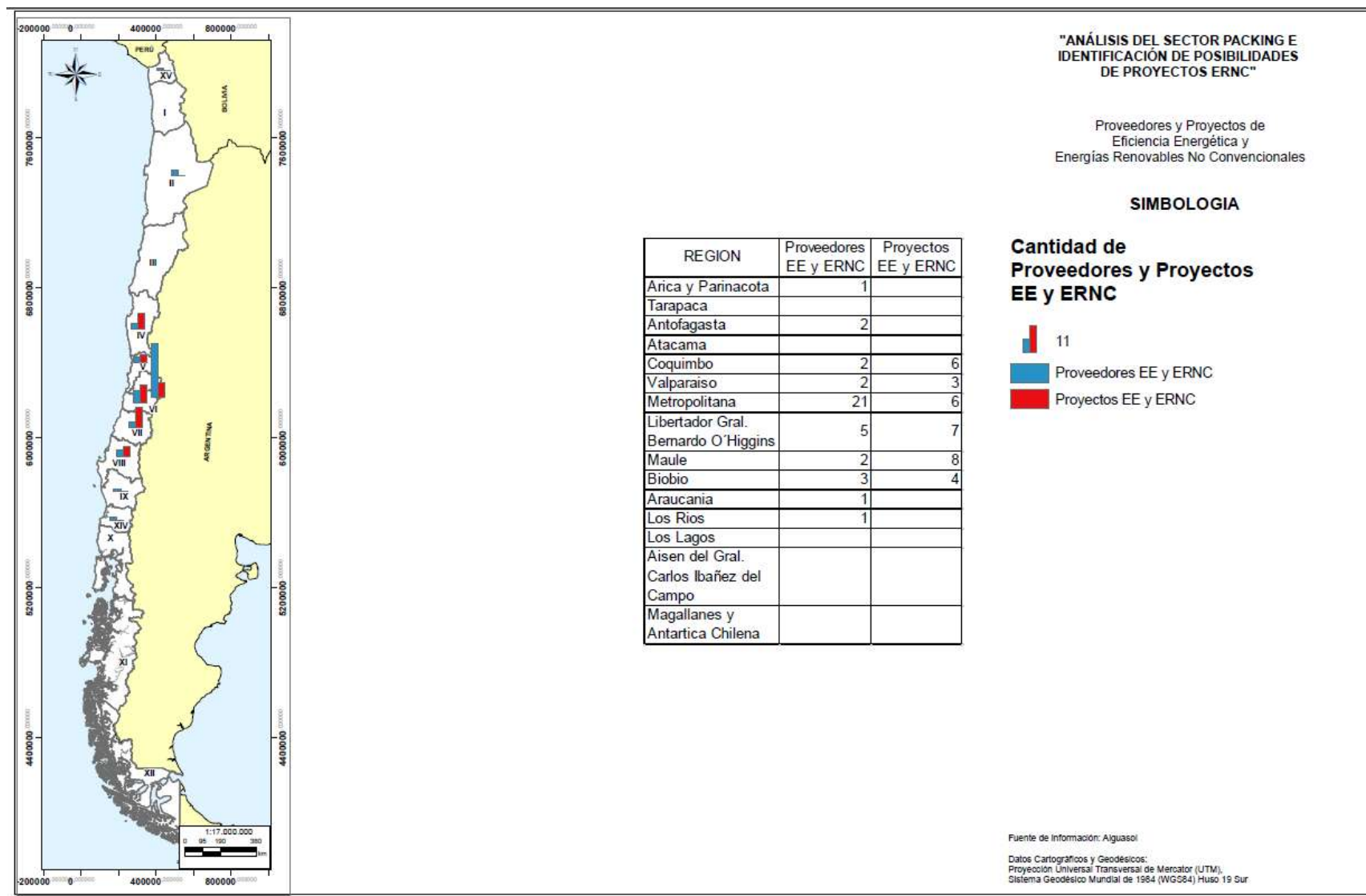


Ilustración 185. Caracterización de proyectos y proveedores ERNC

12. Anexos

12.1. Desarrollo funciones de costos PMGD

Los proyectos de generación eléctrica en base a ERNC por encima de los 100kWe y por debajo de los 9MW pueden conectarse a la red e inyectar su producción según el marco normativo de los Pequeños Medios de Generación Distribuida, conocidos como proyectos PMGD.

Estos proyectos tienen procesos de estudio y conexión sustancialmente más complejos y costosos que los proyectos de se acogen a la ley de Generación Ciudadana, aspecto que debe ser contemplado en los análisis financieros, aun cuando se debe tomar en cuenta que muchos de estos costos son variables en función de la singularidad de cada caso.

Para aproximar de forma sistemática estos costos, se ha tomado una base de 21 proyectos en proceso de tramitación de entre 1 y 9 MW, para los que se conocen los distintos costos tanto de estudios como de obras adicionales (OOAA) y se han caracterizado sus costos.

Los costos de estudios, conexión y equipos se han considerado independientes de la potencia, en valores promedios, y sólo dependen de si el proyecto se considera de Impacto Significativo o no. Se muestran en la tabla siguiente todos estos costos excepto los de OOAA que son variables con la potencia.

Las partidas indicadas con SI en la columna INS aplican únicamente a proyectos con Impacto Significativo.

Tabla 7. Costos asociados a proyectos PMGD. Fuente: Elaboración propia

| INS | Partida | Costo | Fuente |
|-----|---|-----------------------|--------------------|
| | Costos del proceso | 22.466.621,25 | |
| - | Revisión de estudios | 3.941.512,50 | CGE ¹⁰³ |
| - | Revisión de PMGD Impacto Significativo | 2.759.058,75 | CGE |
| SI | Estudio de Impacto Estático (flujo de potencia) | 7.883.025,00 | CGE |
| SI | Estudio de Cortocircuitos | 2.627.675,00 | CGE |
| SI | Estudio de Protecciones | 5.255.350,00 | CGE |
| | Costos Instalación | 21.221.745,88 | |
| - | Costo de Conexión | 1.576.605,00 | Saesa |
| - | Costos de Protecciones | 10.000.000,00 | GIZ |
| - | Costo Medidor | 9.645.140,88 | Chilquinta |
| - | Costos Obras adicionales | Variable con Potencia | |

En base a los proyectos identificados que han informado de costos de OOAA se ha ajustado una función para aproximar éstos frente a la potencia, tal como se muestra en la ilustración siguiente.

¹⁰³ <http://www.cgedistribucion.cl/productos-y-servicios/pmgd/>

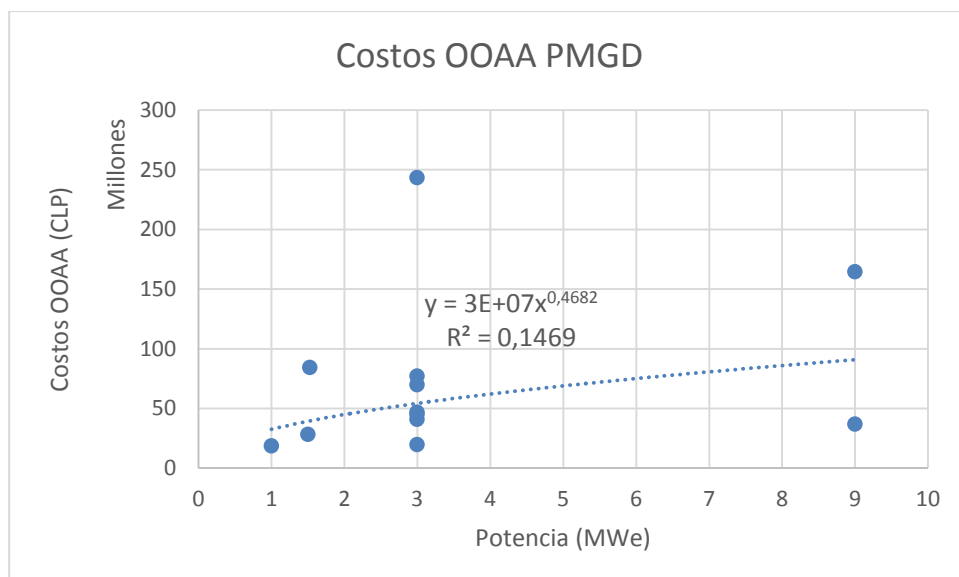


Ilustración 186. Ajuste de función de costos OOA para PMGD en base a casos reales

En base a los distintos costos, se han generado dos funciones de costos, asumiendo la hipótesis que todos los sistemas de $P < 1,5 \text{ MWe}$ están libres de impactos significativos, cosa que no es necesariamente así, pero permite diferenciarlos de la obligatoriedad por encima de este valor.

| | | |
|---|-----|--|
| Sobrecosto PMGD $P < 1,5 \text{ MW}$ | CLP | $2,79\text{E}+07 + 3\text{E}+07 * P[\text{MWe}]^{0,4682}$ |
| Sobrecosto PMGD $P \geq 1,5 \text{ MW}$ | CLP | $2\ 4,37\text{E}+07 + 3\text{E}+07 * P[\text{MWe}]^{0,4682}$ |

A continuación se muestra la aplicación de estas funciones sobre un rango de potencias desde 100kW a 9MW, pudiéndose observar que el impacto sobre proyectos de pequeña escala es muy importante, cerca de 10 veces mayor para un proyecto de 100kW que uno de 1,5MW. Así mismo se observa un encarecimiento del costo absoluto por encima de los 1,5MW debido a los estudios de impactos significativos.

Tabla 8. Sobrecosto PMGD absoluto y por unidad de potencia según funciones desarrolladas. Fuente: Elaboración propia

| Potencia (MWe) | Sobrecosto (CLP) | Sobrecosto (CLP/kW) |
|----------------|------------------|---------------------|
| 0,1 | 38.107.544 | 381.075 |
| 0,5 | 49.585.978 | 99.172 |
| 1 | 57.900.000 | 57.900 |
| 1,5 | 64.171.639 | 42.781 |
| 3 | 93.877.547 | 31.293 |
| 6 | 113.114.735 | 18.852 |
| 9 | 127.626.207 | 14.181 |

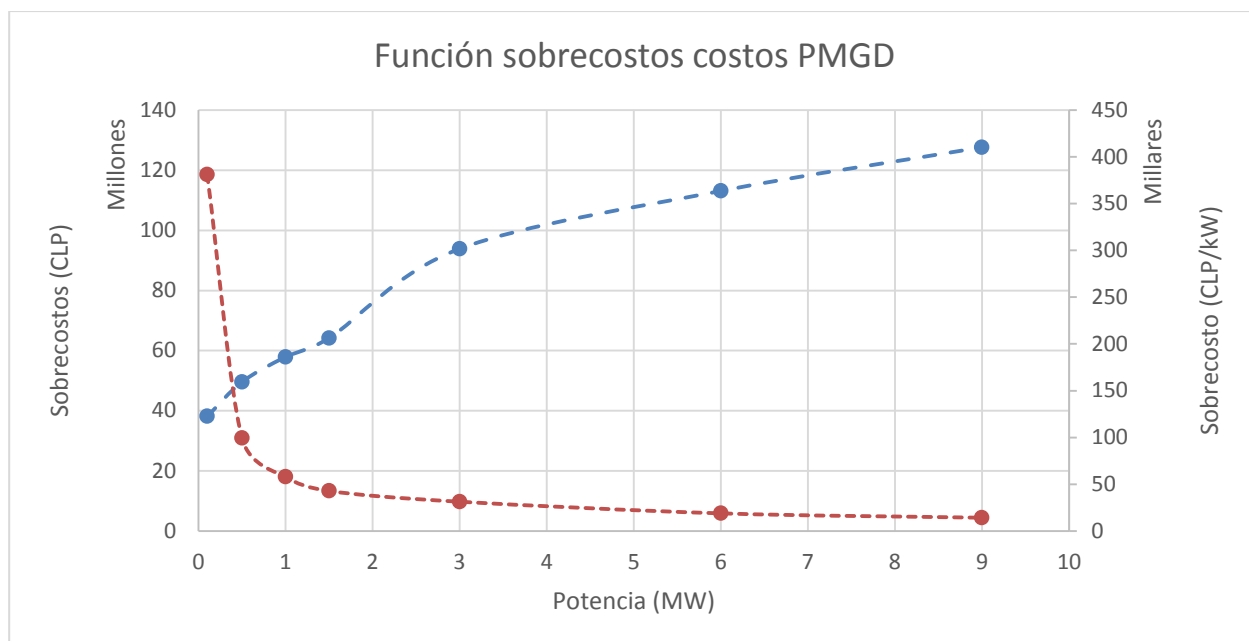


Ilustración 187. Sobrecosto PMGD absoluto y por unidad de potencia según funciones desarrolladas

12.2. Informe Jurídico sobre el uso de aguas freáticas para usos térmicos

Se presenta a continuación el informe jurídico elaborado por Marcelo Vicent, abogado especialista en el uso de agua, en el marco del trabajo "Estado de desarrollo de proyectos de bombas de calor geotérmicas instalados en Chile" desarrollado por Aiguasol para CIFES y Ministerio de Energía.

12.2.1. Antecedentes generales

El presente capítulo tiene por objeto analizar el marco jurídico o regulatorio aplicable a los proyectos de bombas de calor geotérmicas que se pretendan desarrollar en Chile, para aprovechar la energía geotérmica de baja entalpía, la que se puede calificar dentro del grupo de "energías renovables no convencionales".

En ese sentido, cabe señalar que la legislación nacional sobre la materia se focaliza en regular las energías convencionales, tales como petróleo, gas y electricidad, a través de una profusa legislación, que comprende leyes, reglamentos e incluso normas técnicas¹⁰⁴, cuya fiscalización y control corresponde a la Superintendencia de Electricidad y Combustibles (SEC)¹⁰⁵.

Previo al análisis de la legislación nacional, analizaremos cómo se trata el aprovechamiento de estas energías en el Derecho comparado, teniendo como referencia, principalmente, legislación de países europeos, y para el caso del marco regulatorio nacional se analizará la Ley N° 19.657 sobre Concesiones de Energía Geotérmica, la legislación de aguas contenida en el Código de Aguas y la legislación medioambiental, concluyendo con propuestas regulatorias que permitan promover y facilitar el uso de energía de baja entalpía.

12.2.2. Derecho comparado.

La energía geotérmica en países como España¹⁰⁶, Francia¹⁰⁷, Alemania¹⁰⁸ y Suiza, se considera un "recurso minero", de manera tal que su régimen jurídico se sujeta a las normas propias del Derecho Minero y a un régimen concesional de exploración y explotación, como las minas; o licencias administrativas de explotación de la energía geotérmica. Todo ello, con los privilegios, cargas y obligaciones propios de la actividad minera.

No obstante lo anterior, los nuevos desarrollos normativos en dichos países están considerando la regulación de los usos domésticos de las aguas o de la energía geotérmica de baja entalpía o en pequeña escala de manera distinta a los recursos mineros.

En efecto, el hecho de concebir la "energía geotérmica" como "recurso minero" genera, en nuestra opinión, una rigidez en el uso y aprovechamiento de esta energía, ya que la somete a un régimen concesional que es, en general, muy burocrático y lento; y la hace competir con otra actividad –la minería– con la que no es necesariamente complementaria ni tampoco competitiva.

¹⁰⁴ Para consultar dicha legislación, se puede visitar la página web del Ministerio de Energía de Chile, específicamente el siguiente link: <http://www.minenergia.cl/transparencia/marconormativo.html>

¹⁰⁵ De acuerdo con el artículo 2.° de la Ley 18.410 que crea la Superintendencia de Electricidad y Combustibles: "El objeto de la Superintendencia de Electricidad y Combustibles será fiscalizar y supervigilar el cumplimiento de las disposiciones legales y reglamentarias, y normas técnicas sobre generación, producción, almacenamiento, transporte y distribución de combustibles líquidos, gas y electricidad, para verificar que la calidad de los servicios que se presten a los usuarios sea la señalada en dichas disposiciones y normas técnicas, y que las antes citadas operaciones y el uso de los recursos energéticos no constituyan peligro para las personas o cosas".

¹⁰⁶ Ver Ley 22/1973, de 21 de julio, de Minas.

¹⁰⁷ Ver Decree 77-620, de 16 de junio de 1977, que introdujo nuevo título "Depósitos de baja temperatura geotérmica" en el Código Minero y Decree 74-498, de 24 de marzo de 1978, sobre "Licencias de explotación y prospecciones geotérmicas".

¹⁰⁸ Ver "Bundesberggesetz – BbergG", Ley Federal de Minas y "Wasser – haushaltsgesetz", Ley de Aplicaciones Domésticas del Agua y Legislación Federal en materia de Aguas.

En España, por ejemplo, el artículo 1.1 de la Ley 22/1973, de 21 de julio, de Minas, establece “el régimen jurídico de la investigación y aprovechamiento de los yacimientos minerales y demás recursos geológicos cualesquiera que fueren su origen y estado físico”, entre los que se cuentan, de acuerdo con su artículo 3.1 Sección D), “los recursos geotérmicos”¹⁰⁹.

De manera tal, que el aprovechamiento de los “recursos geotérmicos” está sujeto, en forma previa a su ejecución, a “permisos de exploración” (Arts. 40 a 42), “permisos de investigación” (Arts. 43 a 59) o “permisos de explotación” (Arts. 60 a 64). Cada una de estas categorías establece derechos y obligaciones para sus titulares.

Sin embargo, el número 2 del artículo 3.º de la ley en comento establece una exclusión, que tiene importantes efectos para el aprovechamiento de “los recursos geotérmicos” de baja entalpía, en sus aplicaciones distintas de la minería, tales como domiciliarias, comerciales o industriales. En efecto, esta norma establece que:

“Queda fuera del ámbito de la presente Ley la extracción ocasional y de escasa importancia de recursos minerales, cualquiera que sea su clasificación, siempre que se lleve a cabo por el propietario de un terreno para su uso exclusivo y no exija la aplicación de técnica minera alguna”.

Por tanto, los requisitos para que opere esta exclusión, son:

- a) Que se trate de una extracción ocasional y de escasa importancia de “recursos geotérmicos” (que se asimilan en esta legislación a los “recursos minerales”);
- b) Que se lleve a cabo por el propietario de un terreno para su uso exclusivo; y,
- c) Que no exija la aplicación de técnica minera alguna.

De manera tal, que los titulares de proyectos que reúnan estos requisitos quedan excluidos de la legislación minera, permitiendo el libre aprovechamiento de estos recursos geotérmicos, sin perjuicio que deberán cumplir con otras legislaciones sectoriales como las de aguas y medioambientales, especialmente el Real Decreto Legislativo 1/2001, de 20 de julio, por el que se aprueba el texto refundido de la Ley de Aguas y la Ley 2/2002, de 19 de enero, por el que se aprueba el texto refundido de la Ley de Evaluación de Impacto Ambiental.

La exclusión de la extracción ocasional, bajo los requisitos señalados, facilita el uso de energías geotérmicas de baja entalpía al sujetarlos a un régimen de permisos menos restrictivos que los de la minería tradicional (concesiones mineras), lo que permite su facilitación y promoción.

12.2.3. Marco regulatorio en Chile.

En Chile, no existe un marco regulatorio para el uso de la “energía geotérmica” de baja entalpía, por lo que es necesario analizar la legislación general aplicable al sector energía¹¹⁰,

¹⁰⁹ Ver la Ley 54/1980, 5 noviembre, de modificación de la Ley de Minas, que introdujo una nueva sección d) en el artículo 3.1, dentro de la cual se incluyó a los “recursos geotérmicos”.

¹¹⁰ Ver la Ley N° 18.410 que crea la Superintendencia de Electricidad y Combustibles.

que regula diversas fuentes como el petróleo¹¹¹, gas¹¹², electricidad¹¹³, energía nuclear¹¹⁴ y las concesiones de energía geotérmica¹¹⁵.

Para ello es necesario precisar qué se entiende por “energía” en general, y por “energía geotérmica”, en particular. Sobre lo primero, el artículo 3.º del Decreto Ley N.º 2.224, de 25 de mayo de 1978, modificado por la Ley N.º 20.402, de 3 de diciembre de 2009, que crea el Ministerio de Energía y la Comisión Nacional de Energía, nos dice que:

“Para los efectos de la competencia que sobre la materia corresponde al Ministerio de Energía, el sector de energía comprende a todas las actividades de estudio, exploración, explotación, generación, transmisión, transporte, almacenamiento, distribución, consumo, uso eficiente, importación y exportación, y cualquiera otra que concierna a la electricidad, carbón, gas, petróleo y derivados, energía nuclear, geotérmica y solar, y demás fuentes energéticas”.

Por lo tanto, la exploración, explotación, generación, distribución, consumo, y cualquiera otra actividad que concierna a la “energía geotérmica”, es de competencia del Ministerio de Energía.

Ahora bien, el concepto de “energía geotérmica” propiamente tal, se encuentra definido y regulado en la Ley N.º 19.657 sobre Concesiones de Energía Geotérmica. De acuerdo con el artículo 1.º de la ley, “las normas de esta ley regularán:

- a) *La energía geotérmica.*
- b) *Las concesiones y licitaciones para la exploración o la explotación de energía geotérmica;*
- c) *Las servidumbres que sea necesario constituir para la exploración o la explotación de la energía geotérmica;*
- d) *Las condiciones de seguridad que deban adoptarse en el desarrollo de las actividades geotérmicas;*
- e) *Las relaciones entre los concesionarios, el Estado, los dueños del terreno superficial, los titulares de pertenencias mineras y las partes de los contratos de operación petrolera o empresas autorizadas por ley para la exploración y explotación de hidrocarburos, y los titulares de derechos de aprovechamiento de aguas, en todo lo relacionado con la exploración o la explotación de la energía geotérmica, y*
- f) *Las funciones del Estado relacionadas con la energía geotérmica”.*

Su artículo 3.º define lo que se entiende por “energía geotérmica”:

¹¹¹ Ver el D.F.L. N.º 1, de 1986, del Ministerio de Minería (y sus modificaciones) que fija texto refundido, coordinado y sistematizado de la ley N.º 9.618, que crea la Empresa Nacional del Petróleo; y el D.F.L. N.º 2, de 1986, del Ministerio de Minería (y sus modificaciones) que fija el texto refundido, coordinado y sistematizado del Decreto Ley N.º 1.089, de 1975, que establece normas sobre contratos especiales de operación para la exploración y explotación o beneficio de yacimientos de hidrocarburos.

¹¹² Ver el D.F.L. N.º 323, de 1931, del Ministerio del Interior (y sus modificaciones) "Ley de Servicios de Gas".

¹¹³ Ver D.F.L. N.º 4/2.018, de 5 de febrero de 2007, que fija texto refundido, coordinado y sistematizado del Decreto con Fuerza de Ley N.º 1, de Minería, de 1982, Ley General de Servicios Eléctricos, en materia de Energía Eléctrica.

¹¹⁴ Ver la Ley N.º 18.302 de Seguridad Nuclear.

¹¹⁵ Ver la Ley N.º 19.657 sobre Concesiones de Energía Geotérmica.

“Se entenderá por energía geotérmica aquella que se obtenga del calor natural de la tierra, que puede ser extraída del vapor, agua, gases, excluidos los hidrocarburos, o a través de fluidos inyectados artificialmente para este fin”.

Se trata, como vemos, de una definición muy amplia, que puede traer, por lo mismo, problemas de aplicación de la ley.

Por su parte, el artículo 4º declara que la “energía geotérmica” es un bien del Estado, susceptible de concesión. Esta norma declara que:

“La energía geotérmica, cualesquiera sea el lugar, forma o condiciones en que se manifieste o exista, es un bien del Estado, susceptible de ser explorada y explotada, previo otorgamiento de una concesión, en la forma y con cumplimiento de los requisitos previstos en la ley”.

En la ley en comento, la concesión de energía geotérmica tiene el carácter de un “derecho real” y la misma protección que el derecho de propiedad. En efecto, el artículo 5.º de la ley prescribe que: *“La concesión de energía geotérmica es un derecho real inmueble, distinto e independiente del dominio del predio superficial, aunque tengan un mismo dueño, oponible al Estado y a cualquier persona, transferible y transmisible, susceptible de todo acto o contrato”.* Asimismo, se establece, en su inciso 2.º, que el concesionario *“tiene sobre la concesión un derecho de propiedad, protegido por la garantía contemplada en el artículo 18 de la Constitución Política y por las demás normas jurídicas que sean aplicables al mismo derecho”.*

Por último, en los artículos 6.º a 8.º se describen las características de las concesiones de exploración y explotación de energía geotérmica.

Dentro de los derechos del concesionario, el artículo 27 establece en sus incisos 1.º, 2.º y 3.º que:

“El titular de la concesión de energía geotérmica tiene, por el solo ministerio de la ley, y en la medida necesaria para el ejercicio de la concesión, el derecho de aprovechamiento, consuntivo y de ejercicio continuo, de las aguas subterráneas alumbradas en los trabajos de exploración o de explotación. Este derecho de aprovechamiento es inherente a la concesión de energía geotérmica y se extinguirá con ésta.

Dentro del plazo de seis meses, contado desde el alumbramiento de las aguas subterráneas, el concesionario de energía geotérmica deberá informar a la Dirección General de Aguas, respecto de la ubicación del punto de captación, de las características técnicas de la extracción y de los caudales extraídos.

Una vez terminada la utilización geotérmica de las aguas referidas en el inciso primero de este artículo, el titular de la concesión de energía geotérmica será dueño del respectivo derecho de aprovechamiento y podrá disponer de las aguas, mientras la

concesión de energía geotérmica se mantenga vigente. La misma disposición se aplicará a los demás fluidos geotérmicos”.

Y su inciso final, agrega que:

“Para la utilización de aguas distintas a las referidas en el inciso primero de este artículo, se estará a lo dispuesto en el Código de Aguas y demás normativa aplicable”.

De acuerdo con la preceptiva anterior, el actual marco normativo de la “energía geotérmica” no considera el uso no consuntivo de las aguas, de manera tal que existe un vacío normativo sobre la materia.

Como se observa, si bien en nuestro país existe una ley que regula las concesiones de energía geotérmica, que se encuentran sujetas a un régimen concesional muy parecido al de la minería contenido en el Código Minero, con concesiones de exploración y explotación, la Ley N° 19.657 sobre Concesiones de Energía Geotérmica no regula proyectos a pequeña escala, ya que, de acuerdo con su artículo 7.º, las dimensiones del largo y el ancho del paralelogramo de una concesión de exploración deberán ser múltiplos de mil metros; y para una concesión de explotación, múltiplos enteros de cien metros. Es decir, una concesión de exploración debe tener, a lo menos, cien hectáreas; y una concesión de explotación debe tener, a lo menos, una hectárea. En otras palabras, como veremos, el legislador reguló concesiones de gran extensión territorial.

De la revisión del marco jurídico aplicable a las concesiones de energía geotérmica, se puede concluir lo siguiente:

- a) La “energía geotérmica” es un bien del Estado susceptible de concesión.
- b) Si bien la definición de “energía geotérmica”, contenida en el artículo 3.º de la ley es muy amplia y extensiva, el régimen de concesiones que ella establece es para grandes proyectos de exploración (cien hectáreas) o explotación (una hectárea), excluyendo tácitamente del régimen de concesiones a proyectos de menores extensiones territoriales que las señaladas.
- c) La ley otorga, por el solo ministerio de la ley, el derecho de aprovechamiento, consuntivo y de ejercicio continuo, de las aguas subterráneas alumbradas en los trabajos de exploración o explotación, pero no incluye dentro de este derecho el uso no consuntivo, que es esencial para los proyectos de energía geotérmica de baja entalpía.
- d) Por lo anterior, es necesario establecer una regulación especial para los proyectos de energía geotérmica de baja entalpía, que facilite y promueva su ejecución.

12.2.4. Legislación de aguas.

El Código de Aguas no establece una regulación especial para este tipo de proyectos, a los que resultan aplicables las normas generales para la solicitud y otorgamiento de los derechos

de aprovechamiento de aguas consuntivos¹¹⁶ y no consuntivos¹¹⁷, contenidos en dicha preceptiva.

Al efecto, el artículo 140 del Código de Aguas establece los requisitos que debe contener la solicitud para adquirir el derecho de aprovechamiento, ya sea consuntivo o no consuntivo. De estos requisitos, resulta relevante para efectos de este trabajo sólo el N° 6 de este artículo que dice que:

“En el caso que se solicite, en una o más presentaciones, un volumen de agua superior a las cantidades indicadas en los incisos finales de los artículos 129 bis 4 y 129 bis 5¹¹⁸, el solicitante deberá acompañar una memoria explicativa en la que se señale la cantidad de agua que se necesita extraer, según el uso que se le dará. Para estos efectos, la Dirección General de Aguas dispondrá de formularios que contengan los antecedentes necesarios para el cumplimiento de esta obligación. Dicha memoria se presentará como una declaración jurada sobre la veracidad de los antecedentes que en ella se incorporen”.

Esta norma es complementada por el Decreto Supremo N° 743, de 12 de diciembre de 2005, del Ministerio de Obras Públicas, que fija Tabla de Equivalencias entre Caudales de Agua y Usos, que refleja las Prácticas Habituales en el País en Materia de Aprovechamiento de Aguas. De acuerdo con el citado decreto, esta “tabla de equivalencias regirá con el objeto que el Director General de Aguas, o su delegado para estos efectos, pueda, mediante resolución fundada, limitar el caudal que se conceda sobre la base de una solicitud de derechos de aprovechamiento; y “esa facultad de limitación de la concesión rige si manifiestamente no hubiera equivalencia entre la cantidad de agua que se necesita extraer según los fines invocados por el peticionario en la memoria explicativa señalada en el número 6 del artículo 140 del Código de Aguas, y los caudales señalados en la tabla de equivalencias”.

Dentro de la tabla de equivalencias, no se encontraba el uso de agua para aprovechamiento de energía geotérmica de baja entalpía, respecto de la climatización, mediante bombas de calor, por lo que, la Dirección General de Aguas (DGA), mediante Resolución Exenta N° 2176, de 16 de agosto de 2014, estableció los siguientes requerimientos de agua:

Proceso Climatización Doméstica y Comercial: 15 l/min/10m2

Proceso Climatización Industrial: 22 l/min/10m2

Sin perjuicio de lo antes establecido, en el evento de contarse con información de "requerimiento térmico" o potencia del equipo requerido, la recomendación es 0,05 l/min/W.

¹¹⁶ El artículo 13 del Código de Aguas dice que: “Derecho de aprovechamiento consuntivo es aquel que faculta a su titular para consumir totalmente las aguas en cualquier actividad”.

¹¹⁷ El artículo 14 del Código de Aguas dice que: “Derecho de aprovechamiento no consuntivo es aquel que permite emplear el agua sin consumirla y obliga a restituirla en la forma que lo determine el acto de adquisición o de constitución del derecho”.

¹¹⁸ Estos artículos se refieren a la proporción no usada de los derechos de aprovechamiento de aguas consuntivos o no consuntivos que deben pagar patente por su no uso.

Tal como señala el fundamento de la resolución en comento, esta tuvo origen en la solicitud de constitución del derecho de aprovechamiento de aguas subterráneas presentada por Parque Titanium S.A., con fecha 20 de abril de 2012, contenido en el expediente administrativo ND-1306-1589. Y los parámetros contenidos en la normativa citada tienen su origen en el Informe Técnico DARH N° 179, de 24 de junio de 2014, de fecha 24 de junio de 2014, que se hizo en forma específica para Parque Titanium S.A.

De esta forma, las unidades de medición, así como los valores establecidos por la Resolución Exenta N° 2176/2014, para todos los proyectos futuros de energía geotérmica que utilicen “bombas de calor” fueron determinados en forma casuística, lo que representa una debilidad normativa, pues estos valores podrían variar para otros proyectos similares, pero que usen otras tecnologías o equipos.

12.2.5. Legislación ambiental

El artículo 19 N° 8 de la Constitución Política de la República, reconoce a todas las personas “el derecho a vivir en un medio ambiente libre de contaminación” y el deber del Estado de “velar porque este derecho no sea afectado” y “tutelar la preservación de la Naturaleza”, permitiendo el establecimiento de restricciones legales específicas a otros derechos para la protección del medio ambiente.

Concordante con lo anterior, en nuestro país existen numerosas normas de protección del medio ambiente y de los recursos naturales, siendo la principal de ellas la Ley N° 19.300 sobre Bases Generales del Medio Ambiente. Su artículo 1.° señala que:

“El derecho a vivir en un medio ambiente libre de contaminación, la protección del medio ambiente, la preservación de la naturaleza y la conservación del patrimonio ambiental se regularán por las disposiciones de esta ley, sin perjuicio de lo que otras normas legales establezcan sobre la materia”.

El artículo 2.° de la ley en comento contiene numerosas definiciones legales para entender el sentido y alcance de esta ley. Entre ellas, resultan relevantes para este trabajo, las definiciones de “contaminante”, “daño ambiental” e “impacto ambiental”, pues permiten concluir que las actividades de exploración o explotación de “energía geotérmica” pueden provocar impactos o daños ambientales que es preciso prevenir y controlar, a través de los instrumentos de gestión ambiental establecidos en la ley.

La letra d) del artículo 2.° de la ley define **“Contaminante”** como: *“todo elemento, compuesto, sustancia, derivado químico o biológico, energía, radiación, vibración, ruido, o una combinación de ellos, cuya presencia en el ambiente, en ciertos niveles, concentraciones o períodos de tiempo, pueda constituir un riesgo a la salud de las personas, a la calidad de vida de la población, a la preservación de la naturaleza o a la conservación del patrimonio ambiental”*. De esta definición se colige que la **“energía”** puede ser considerada potencialmente un **“contaminante”**, lo que debe ser considerado en los proyectos de explotación de “energía geotérmica”, incluyendo los de baja entalpía.

Por su parte, la letra e) del artículo 2.° de la ley define **“Daño Ambiental”** como: *“toda pérdida, disminución, detrimento o menoscabo significativo inferido al medio ambiente o a uno o más de*

sus componentes". Se trata de una definición muy amplia, aunque exige que el daño ambiental debe ser **significativo**.

Por último, la letra k) del artículo 2.º de la ley define **"Impacto Ambiental"** como: **"la alteración del medio ambiente, provocada directa o indirectamente por un proyecto o actividad en un área determinada"**.

Ahora bien, la ley, con el objeto de prevenir o precaver la contaminación del medio ambiente, el daño ambiental o los impactos ambientales, establece varios instrumentos de gestión ambiental, entre los que se cuentan los siguientes:

- a) Educación e investigación ambiental;
- b) Evaluación ambiental estratégica;
- b) Sistema de evaluación de impacto ambiental;
- c) Participación de la comunidad;
- d) Normas de calidad ambiental y de preservación de la naturaleza y conservación del patrimonio ambiental;
- e) Normas de emisión;
- f) Planes de manejo, prevención o descontaminación; y,
- g) Responsabilidad civil ambiental.

De estos, el instrumento más importante que se creó con su aprobación es el Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental (SEIA), que está constituido, a su vez, por dos instrumentos: las Declaraciones de Impacto Ambiental (DIA) y los Estudios de Impacto Ambiental (DIA). Estos son, en términos generales, instrumentos de evaluación y de carácter preventivo que tienen por objeto primordial predecir o anticipar los efectos negativos o adversos que generará un determinado proyecto o actividad sobre el medio ambiente, a fin de adoptar las medidas necesarias para su mitigación, compensación o reparación; lo que es particularmente aplicable a la "energía geotérmica" en cuanto bien jurídico tutelado.

En esta materia, la ley es complementada por el Decreto Supremo N° 40, de 12 de agosto de 2013, del Ministerio de Medio Ambiente, que aprueba el "Reglamento del Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental".

En cuanto a las causales de ingreso al SEIA, el artículo 10 de la ley señala que los proyectos o actividades que enumera y que son susceptibles de causar impacto ambiental, en cualquiera de sus fases, deberán someterse al *Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental* (SEIA). Este artículo entrega un listado de los proyectos o actividades que deben someterse a un *Estudio o Declaración de Impacto Ambiental*, según corresponda, listado que es complementado por el artículo 3.º del reglamento del SEIA.

Además, si estos proyectos o actividades presentan alguno de los efectos, características o circunstancias que señala el artículo 11 de la ley, deberán ingresar al SEIA a través de un Estudio de Impacto Ambiental (EIA).

Los proyectos o actividades de aprovechamiento de "energía geotérmica" propiamente tal, como los de baja entalpía, no se encuentran enumerados dentro del artículo 10 de la ley, por lo que se encuentran excluidos de su ingreso al SEIA. Sin embargo, existen algunos literales que, bajo ciertas condiciones, podrían obligar a ingresar al SEIA a ciertos proyectos o actividades

que utilicen dicha energía, cuando se trata de:

“c) Centrales generadoras de energía mayores a 3 MW”; y,

“p) Ejecución de obras, programas o actividades en parques nacionales, reservas nacionales, monumentos naturales, reservas de zonas vírgenes, santuarios de la naturaleza, parques marinos, reservas marinas o en cualesquiera otras áreas colocadas bajo protección oficial, en los casos en que la legislación respectiva lo permita”.

En los demás casos, estos proyectos o actividades de uso de “energía geotérmica” de baja entalpía no están obligados a ingresar al SEIA, lo que no significa que el titular deba tomar resguardos ambientales en materias susceptibles de causar impacto o, eventualmente, daño ambiental, como el uso o explotación excesiva de los recursos hídricos provenientes de aguas subterráneas, sin que se recargue el acuífero; y/o los saltos térmicos entre la temperatura natural del acuífero y de las aguas que se restituyan una vez utilizadas al mismo, a mayor o menor temperatura de la que fue extraída.

12.3. Figuras sin información relevante

Acá se encuentran las figuras que dado el dominio y los resultados no entregan información relevante de la correlación entre las variables analizadas, o informan de una “no-correlación”.

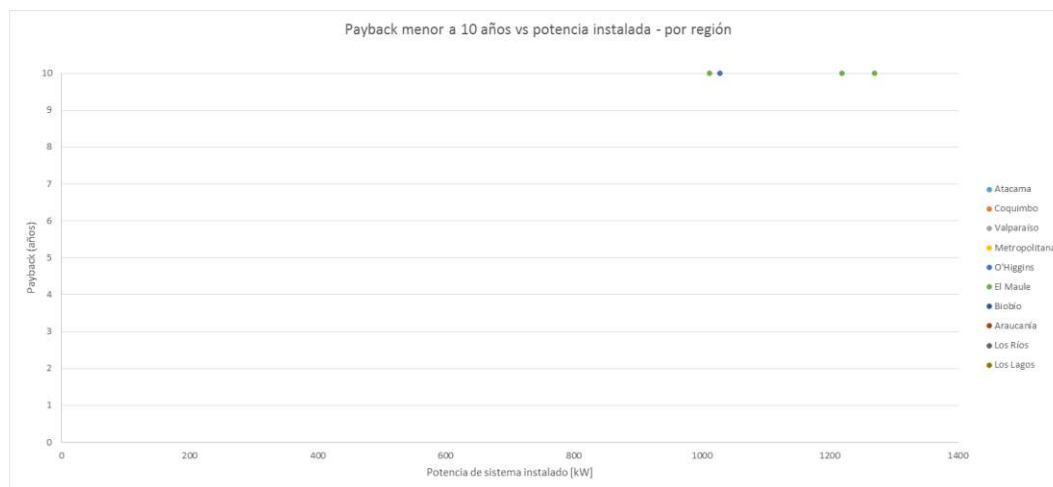


Ilustración 188 EOL - Payback menor a 10 años vs potencia instalada - por región

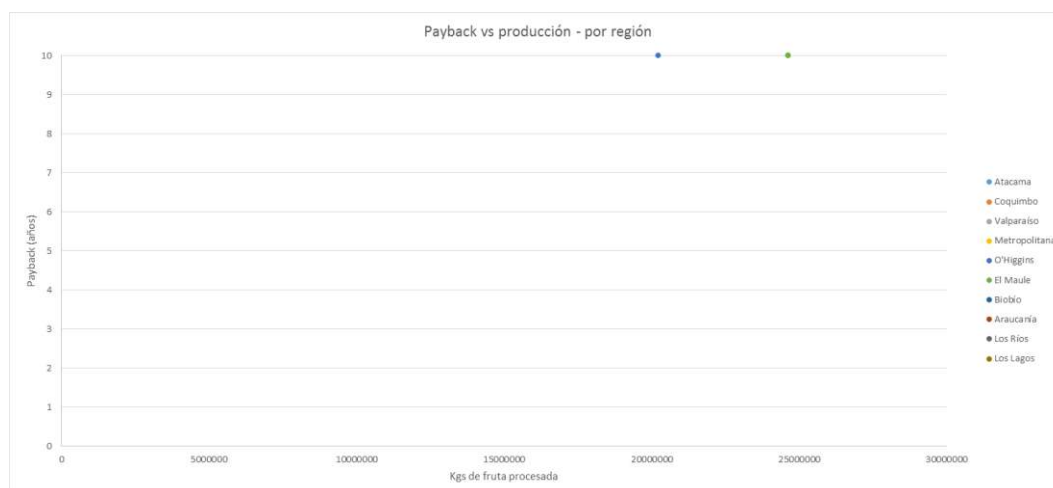


Ilustración 189 EOL - Payback inferior a 10 años vs producción por región

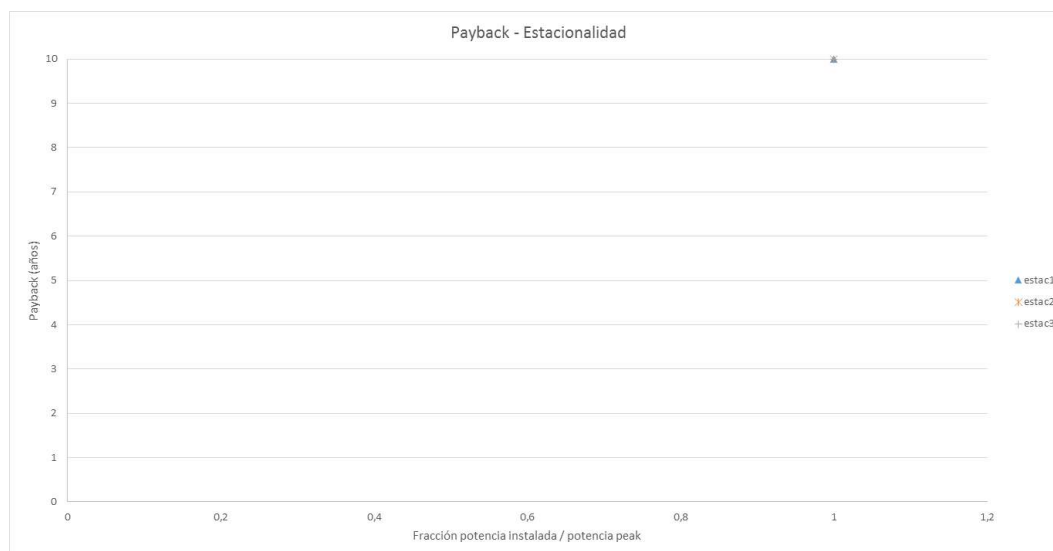


Ilustración 190 EOL - Payback vs fracción potencia instalada / potencia peak de la energía por estación

12.4. Código EES de bomba de calor

```

"!Vapor Compression Refrigeration Cycle"
R$='R134a'           "string variable used to hold name of refrigerant"

"! Compressor"
T[1]=-8
x[1]=1               "assume inlet to be saturated vapor"
P[1]=pressure(R$;T=T[1];x=x[1]) "properties for state 1"
h[1]=enthalpy(R$;T=T[1];x=x[1])
s[1]=entropy(R$;T=T[1];x=x[1])
P[2]=pressure(R$;T=T[3];x=0)   "this is the pressure in the condenser"
h_2_ID=ENTHALPY(R$;P=P[2];s=s[1]) "ID for ideal identifies state as isentropic"
W_c_ID=(h_2_ID-h[1])           "energy balance on isentropic compressor"
Eff=0,8                       "Isentropic efficiency"
W_c=W_c_ID/Eff                "definition of compressor isentropic efficiency"
h[2]=h[1]+W_c                 "energy balance on real compressor-assumed adiabatic"
s[2]=entropy(R$;h=h[2];P=P[2]) "properties for state 2"
T[2]=temperature(R$;h=h[2];P=P[2])

"!Condenser"
Tsource=15 [°C]
T[3]=Tsource+15 [°C]          "known temperature of sat'd liquid at condenser outlet"
P[3]=P[2]                     "neglect pressure drops across condenser"
h[3]=enthalpy(R$;T=T[3];x=0)   "properties for state 3"
s[3]=entropy(R$;T=T[3];x=0)
Q_Con=h[2]-h[3]               "energy balance on condenser"

"!Valve"
h[4]=h[3]                     "energy balance on throttle - isenthalpic"
x[4]=quality(R$;h=h[4];P=P[4]) "properties for state 4"
s[4]=entropy(R$;h=h[4];P=P[4])
T[4]=temperature(R$;h=h[4];P=P[4])

"!Evaporator"
P[4]=P[1]                     "[kPa] neglect pressure drop across evaporator"
Q_Evap=h[1]-h[4]              "[kJ/kg] energy balance on evaporator"
COP=abs(Q_Evap/W_c)           "definition of COP"

```

13. Referencias

| # | Nombre corto | Fuente | año |
|----|--|--|------|
| 1 | Puente Negro | 2.2.8. Informe final asistencia técnica preinversión eficiencia energética para la empresa Sociedad Agrícola Puente Negro, Francisco García León, Febrero 2010 | 2010 |
| 2 | Dosal | Presentación "Energías limpias, Frutícola Dosal", Felix Feres y Carlos Leiva, Septiembre 2011 | 2011 |
| 3 | RioBlanco | 2.2.6. Presentación "Caso exitoso Rio Blanco", Maxim Gutierrez Zozulia, 2009. | 2009 |
| 4 | Proquilab | 2.2.7. Presentación de Ingeniería Proquilab, Ricardo Cereceda | - |
| 5 | Estudio Internacional Sudáfrica | GOOD PRACTICES GUIDE FOR ENERGY EFFICIENCY AND EMISSIONS REDUCTION IN THE FRUIT PRODUCTION INDUSTRY | 2010 |
| 6 | Revista internacional Australia | A benchmark study of energy usage in export fruit production, packhouse and cold store operations | 2014 |
| 7 | Tarifas eléctricas | https://www.chilectra.cl/tarifas | 2016 |
| 8 | Manual de cálculo, refrigeración de alimentos | Industrial refrigeration handbook. Chapter 17 . Refrigeration and freezing of foods | 1998 |
| 9 | Modelación de cargas convectivas externas | Convective heat transfer coefficients for exterior building surfaces: Existing correlations and CFD modelling | 2010 |
| 10 | Apuntes de transferencia de calor | Apuntes para el curso de transferencia de calor. Ing. Mecánica. U. de Chile | 2006 |
| 11 | Biblia de la energía solar | Solar engineering of thermal process, Duffie - Beckman | 2013 |
| 12 | Cálculo de potencia de refrigeración en un caso "real" | Energy Efficient Buildings Heat Gain/Loss through Walls | - |
| 13 | ASHRAE para infiltraciones | ASHRAE Standard 62.2 | 2004 |
| 14 | ASHRAE fundamental (para cálculo de pérdidas térmicas) | Ashrae Handbook Of Fundamentals | 2013 |
| 15 | Apuntes de eficiencia energética en el procesado de comida | Energy Efficiency and the Quality of Energy in the Food Processing Industry, Delft University of Technology | 2002 |
| 16 | Vendedor de Bins 1 | http://www.mecaplastics.com/ | - |
| 17 | Vendedor de Bins 2 | http://comercialnewen.cl/work/bins-plastico/ | - |
| 18 | Vendedor de Bins 3 | http://www.rcnegociossac.com/pdf/BIN%20UPC%20CERRADO.pdf | - |
| 19 | Transmisividades de materiales | http://materias.fi.uba.ar/6731/Tablas/Tabla3.pdf | - |
| 20 | Climogramas de Chile para HR | DATOS CLIMATOLÓGICOS DE CHILE PARA LA ELABORACIÓN DEL MODELO CHILE-SR, PUC | 2011 |
| 21 | Capacidades térmicas y coeficientes de transpiración | Thermal properties of food | - |
| 22 | Temperaturas de refrigeración y | http://www.fao.org/wairdocs/x5403s/x5403s0a.htm | - |

| | | | |
|----|---|---|------|
| | humedad relativa de alimentos | | |
| 23 | Engineering Toolbox - Cp frutas | http://www.engineeringtoolbox.com/specific-heat-capacity-food-d_295.html | - |
| 24 | Cp de algunas frutas tropicales | Specific heat (Cp) of tropical fruits | 2012 |
| 25 | Explorador solar | http://walker.dgf.uchile.cl/Explorador/Solar3/ | 2015 |
| 26 | Vendedor de gruas horquilla | http://www.royalrental.cl/gruashorquillas/?gclid=CLinv8vkpc8CFYKBkQodCfwKFQ | - |
| 27 | Catálogo Cogeneración Biogas 2G | 2G Catálogo de Cogeneración a biogás | 2014 |
| 28 | Proceso de diseño de cogeneración en base a calor | ACHEE. Evaluación de Proyectos - Cogeneración Eficiente | - |
| 29 | Rendimientos Ciclos Absorción | Comparison of the performances of absorption refrigeration cycles | 2009 |
| 30 | Pérdidas y desperdicio Alimentos | Pérdidas y desperdicio de alimentos en el mundo- FAO | 2012 |
| 31 | Guía Cogeneración | Guía cogeneración FENERCOM | 2010 |
| 32 | Digestores Anaerobios | Digestores anaerobios - IDAE | 2007 |
| 33 | Situación y Potencial Biogás | Situación y Potencial Generación de Biogás | 2011 |
| 34 | Producción de biogás a partir de residuos vegetales | Producción de biogás a partir de residuos vegetales. I. Características, etapas y limitaciones | 2006 |
| 35 | Proyectos Biogás KAISER | Proyectos Biogás KAISER energía. | - |
| 36 | Manual Biogás PNUD | Manual de biogás - PNUD | 2011 |
| 37 | Panorama Agricultura | Oficina de Estudios y Políticas Agrarias (ODEPA), Panorama de la Agricultura Chilena 2012. Obtenido de http://www.odepa.cl/wp-content/files_mf/1401804820Panorama_agricultura_chilena_2012.pdf | 2012 |
| 38 | PIB por clase | Oficina de Estudios y Políticas Agrarias (ODEPA), PIB por clase de actividad económica. Obtenido de http://www.odepa.cl/pib-por-clase-de-actividad-economica/ | 2014 |
| 39 | Perspectiva Agricultura | Oficina de Estudios y Políticas Agrarias (ODEPA), Agricultura Chilena 2014: Una perspectiva de mediano plazo. Obtenido de http://www.sna.cl/ww/admin/spaw2/uploads/files/Agricultura%202014.pdf | 2014 |
| 40 | Competitividad regional | Secretaría de Integración Económica Centroamericana (SIECA), Análisis de la competitividad regional del mercado de frutas (junio 2016). Obtenido de http://www.sieca.int/PortalData/Documentos/D1CCB65B-6EDD-4FC4-92E5-609EFCF1E227.pdf | 2016 |
| 41 | Trade Map | Trade statistics for international business development (Trade Map). Obtenido de http://www.trademap.org/Index.aspx | 2015 |

| | | | |
|----|------------------------------|---|------|
| 42 | Aduana | Servicio Nacional de Aduanas, Publicaciones y Estadísticas 2016. Obtenido de https://www.aduana.cl/aduana/site/edic/base/port/estadisticas.html | 2016 |
| 43 | Estadística Productiva ODEPA | Oficina de Estudios y Políticas Agrarias (ODEPA), Estadísticas Productivas 2016. Obtenido de http://www.odepa.cl/estadisticas/productivas/ | 2016 |
| 44 | Cereza Japón | Oficina Comercial de Chile en Japón- ProChile, Estudio de Mercado Cerezas Frescas en Japón (2015). Obtenido de http://www.prochile.gob.cl/wp-content/files_mf/1433335854PMP_Japon_Cerezas_2015.pdf | 2015 |
| 45 | Temporada Frutícola | Asociación de Exportadores de Frutas de Chile A.G. (ASOEX), Temporada frutícola 2013-2014: Heladas y paro portuario ratifican pronósticos negativos realizados por la industria de la fruta chilena de exportación. Obtenido de http://www.asoex.cl/component/content/article/25-noticias/117-temporada-fruticola-2013-2014-heladas-y-paro-portuario-ratifican-pronosticos-negativos-realizados-por-la-industria-de-la-fruta-chilena-de-exportacion.html | 2014 |
| 46 | Uchile | Universidad de Chile. Obtenido de http://www.revistas.uchile.cl/files/journals/121/articles/10610/public/10610-23857-1-PB.html | 2014 |
| 47 | Catastro agroindustria | Innovación para el desarrollo agrario consultora Ltda. Actualización del catastro de la agroindustria hortofrutícola chilena (2012). Obtenido de http://www.odepa.cl/wp-content/files_mf/1383165686Catastro_Agroindustrial_Informe_final.pdf | 2012 |
| 48 | UPI Packing | United Press International, Inc. (UPI), Identifican oportunidades de uso eficiente de energía en packing de la Región de O'Higgins (28 de junio de 2014). Obtenido de https://noticias.terra.cl/chile/identifican-oportunidades-de-uso-eficiente-de-energia-en-packing-de-la-region-de-ohiggins,51b1a0275e2e6410VgnCLD200000b2bf46d0RCRD.html | 2014 |
| 49 | Buenas Prácticas EE | Fundación para el Desarrollo Frutícola (FDF), Guía de Buenas Prácticas para la eficiencia energética y reducción de emisiones en la industria frutícola (2010). Obtenido de http://www.fdf.cl/biblioteca/publicaciones/2010/archivos/BPE_2010_PDF.pdf | 2010 |
| 50 | Mercantil | Portal de Negocios Mercantil.com. Obtenido de http://www.mercantil.com/index.asp | 2016 |
| 51 | Socios Asoex | Asociación de Exportadores de Frutas de Chile A.G. (ASOEX), lista de socios 2016. Obtenido de http://www.asoex.cl/ | 2016 |
| 52 | Socios FEDERUTA | Federación Gremial Nacional de Productores de Fruta (FEDEFruta), lista de socios 2016. Obtenido de http://www.fedefruta.cl/ | 2016 |

14. Índice de Tablas

| | |
|--|-----|
| Tabla 1 Consumos específicos por región (Electricidad, GLP, Diesel y suma de combustibles) | 17 |
| Tabla 2. Configuraciones de financiación y uso de la energía. Fuente: Elaboración propia | 25 |
| Tabla 3. Fotovoltaica. Potencia y período de retorno para los casos con menor período de retorno bajo 20 años con apalancamiento. Fuente: Elaboración propia | 28 |
| Tabla 4. Fotovoltaica. Potencia y período de retorno para los casos con menor período de retorno bajo 20 años sin apalancamiento. Fuente: Elaboración propia | 29 |
| Tabla 5. Mini eólica. Potencia y período de retorno para los casos con menor período de retorno bajo 20 años con apalancamiento. Fuente: Elaboración propia | 30 |
| Tabla 6. Mini eólica. Potencia y período de retorno para los casos con menor período de retorno bajo 20 años sin apalancamiento. Fuente: Elaboración propia | 31 |
| Tabla 7. Mini hidráulica. Potencia y período de retorno para los casos con menor período de retorno bajo 20 años con apalancamiento. Fuente: Elaboración propia | 32 |
| Tabla 8. Mini hidráulica. Potencia y período de retorno para los casos con menor período de retorno bajo 20 años sin apalancamiento. Fuente: Elaboración propia | 33 |
| Tabla 9. Refrigeración con agua freática. Potencia y período de retorno para los casos de mayor tamaño con período de retorno bajo 10 años con apalancamiento. Fuente: Elaboración propia | 34 |
| Tabla 10. Refrigeración con agua freática. Potencia y período de retorno para los casos de mayor tamaño con período de retorno bajo 10 años sin apalancamiento. Fuente: Elaboración propia | 35 |
| Tabla 11. Tamaño de sistemas solares térmicos para Packings medianos con aporte solar 60%. Fuente: Elaboración propia | 38 |
| Tabla 1.12. Resumen de mejoras de eficiencia energética según la importancia de su ahorro. Fuente: Elaboración propia | 39 |
| Tabla 13. Indicadores económicos de las medidas de eficiencia energética | 42 |
| Tabla 14. Períodos de retorno para todas las tecnologías, localizaciones y tamaños, con apalancamiento 70%, estacionalidad 1 y evolución precio de la electricidad +5,2%. Fuente: Elaboración propia | 46 |
| Tabla 16: Evolución de exportaciones de fruta fresca a nivel mundial (Fuente: www.trademap.org) | 53 |
| Tabla 17: Estadísticas internacionales de exportación de frutas frescas a nivel mundial (Top 5) (Fuente: www.trademap.org) | 55 |
| Tabla 18: Niveles de exportación de los diversos capítulos existentes en el registro del Servicio Nacional de Aduanas (Fuente: Aduana) | 56 |
| Tabla 19: Exportaciones totales de fruta fresca detallada (MUSD FOB) (Fuente: Odepa) | 58 |
| Tabla 20: Distribución de exportación de Fruta Congelada, durante 2015 (Fuente: www.aduanas.cl) | 59 |
| Tabla 21: Volúmenes de exportación de frutas frescas y congelados (Fuente: www.aduanas.cl) | 60 |
| Tabla 22: Producción de fruta fresca destinada a mercado internacional durante 2015. | 61 |
| Tabla 23 Producción de fruta fresca destinada a mercado nacional durante 2015. | 63 |
| Tabla 24: Número de Agroindustrias y sus capacidades de procesamiento por región. (Fuente: www.odepa.cl) | 67 |
| Tabla 25: Número de empresas de packing y sus capacidades de almacenamiento por región. (Fuente: www.odepa.cl) | 68 |
| Tabla 26: Número de cámaras de prefrío, frío, atmósfera controlada y de fumigación por región. (Fuente: www.odepa.cl) | 71 |
| Tabla 27 Capacidades de almacenamiento en cámaras de prefrío, frío, atmósfera controlada y de fumigación por región. (Fuente: www.odepa.cl) | 72 |
| Tabla 28: Variables de entrada para el análisis estadístico. | 73 |
| Tabla 29: Reuniones con actores relevantes de la industria del packing. | 84 |
| Tabla 30: Principales empresas de packing en Chile (Fuente: Elaboración propia a partir de datos de ASOEX, FEDEFruta y Chilealimentos). | 85 |
| Tabla 31: Resumen de asociaciones gremiales más relevantes (Fuente: Elaboración propia a partir de datos ASOEX, FEDEFruta y Chilealimentos). | 87 |
| Tabla 32: Instituciones públicas relevantes (Fuente: elaboración propia). | 90 |
| Tabla 34. Catastro de proyectos. Tabla de datos de Proyecto | 95 |
| Tabla 35. Catastro de proyectos. Tabla de datos de Proyecto (2) | 97 |
| Tabla 36: Ficha modelo para catastro de proyectos de Eficiencia Energética y Energías Renovables en packing de fruta. | 103 |
| Tabla 37: Calendario de visitas a proyectos (Fuente: Elaboración propia). | 105 |
| Tabla 39: Ficha datos de proyecto fotovoltaico Frunar (Fuente: Todos los datos de ficha fueron provistos por empresa Frunar.) | 107 |

| | |
|--|-----|
| Tabla 40: Ficha proyecto fotovoltaico Agrícola Aeropuerto (Fuente: Todos los datos fueron provisto por empresa instaladora TRITEC y por Agrícola Aeropuerto). | 114 |
| Tabla 41: Producción de fruta en Agrícola La Capellanía (Fuente: Datos provisto por Alex Gagliano, encargado de predio) | 118 |
| Tabla 42: Ficha proyecto fotovoltaico Agrícola La Capellanía (Fuente: Datos provistos por personal de empresa instaladora Eactiva). | 119 |
| Tabla 43: Equipos asociados a procesamiento por tipo de fruta (Fuente: Elaboración propia a partir de levantamiento de información de estudio y visitas a plantas) | 141 |
| Tabla 44. Producción másica nacional anual (Odepa 2015) | 144 |
| Tabla 45 Valores referenciales utilizados para el modelo de packing | 151 |
| Tabla 46 Fuentes bibliográficas para el modelo de packing | 153 |
| Tabla 47 Producción total mensual por tipo de fruta | 156 |
| Tabla 48 Energía asociada a pérdidas térmicas y enfriamiento de la fruta (primer frio) | 156 |
| Tabla 49. Consumos específicos de consumos electromecánicos según complejidad. Fuente: Elaboración propia | 162 |
| Tabla 50. Estimación de consumo de GLP para ACS por persona | 163 |
| Tabla 51. Consumo específico GLP por uso | 164 |
| Tabla 52 Volúmenes de producción para ejercicio de calibración | 165 |
| Tabla 53 Estacionalidad de la producción para ejercicio de calibración | 165 |
| Tabla 54 Otra información utilizada en ejercicio de calibración | 166 |
| Tabla 55 Comparación Sistemas de frío modelo vs referencia | 167 |
| Tabla 56 Comparación de las matrices energéticas en ejercicio de calibración | 169 |
| Tabla 57 Comparación de diversos indicadores específicos en ejercicio de calibración | 170 |
| Tabla 58 Comparación entre demandas informadas por FdF y demandas modeladas con los parámetros de producción y estacionalidad de FdF. | 171 |
| Tabla 59 Comparación entre perfiles de demanda eléctrica informados por FdF y perfiles de demanda eléctrica modelados. | 173 |
| Tabla 60 Parámetros de localización y producción para packings tipo por región | 176 |
| Tabla 61 Consumos específicos por región (Electricidad, GLP, Diesel y suma de combustibles) | 176 |
| Tabla 62 Estacionalidad de producción Región de Atacama | 177 |
| Tabla 63 Estacionalidad de producción Región de Coquimbo | 179 |
| Tabla 64 Estacionalidad de producción Región de Valparaíso | 182 |
| Tabla 65 Estacionalidad de producción Región de Metropolitana | 185 |
| Tabla 66 Estacionalidad de producción Región del general Libertador Bernardo O'Higgins. | 188 |
| Tabla 67 Estacionalidad de producción Región del Maule | 191 |
| Tabla 68 Estacionalidad de producción Región de Biobío | 194 |
| Tabla 69 Estacionalidad de producción Región de La Araucanía | 197 |
| Tabla 70 Estacionalidad de producción Región de Los Ríos | 200 |
| Tabla 71 Estacionalidad de producción Región de Los Lagos | 202 |
| Tabla 72 Localizaciones seleccionadas como punto de referencia en cada región. Fuente: Elaboración propia | 204 |
| Tabla 73 Ejemplo de recurso solar, Radiación directa horizontal en Atacama. (Wh/m2 promedio horario mensual). Fuente: Explorador solar. | 204 |
| Tabla 74 Perfiles de recurso hídrico a lo largo de Chile (Caudal en metros cúbicos por segundo). Fuente: Explorador de derechos de agua no consuntivos. | 205 |
| Tabla 75 Ejemplo de recurso eólico. Velocidad del viento en región de Coquimbo (metros por segundo promedio horario mensual). Fuente: Explorador solar | 206 |
| Tabla 76 Temperatura de agua de red y temperatura ambiente por región. Fuente: Elaboración propia | 207 |
| Tabla 77. Configuraciones de financiación y uso de la energía. Fuente: Elaboración propia | 223 |
| Tabla 78. Impacto rendimiento generado diésel. Fuente: Elaboración propia | 225 |
| Tabla 79 Estacionalidad estadística. Fuente: Elaboración propia | 226 |
| Tabla 80 Estacionalidades utilizadas para los modelos. Fuente: Elaboración propia | 226 |
| Tabla 81. Variables económicas utilizadas. Fuente: Elaboración propia | 228 |
| Tabla 82. Curvas de costos de inversión por tecnología. Fuente: Elaboración propia | 228 |
| Tabla 83. Curvas de costos de mantención. Fuente: Elaboración propia | 230 |
| Tabla 84. Tarifas eléctricas por región. Fuente: Elaboración propia | 231 |
| Tabla 85. Factores de corrección para combustibles fósiles por región. Fuente: Elaboración propia | 232 |
| Tabla 86. Tabla de precios de combustibles. Fuente: ENAP | 233 |

| | |
|--|-----|
| Tabla 87. Resumen de COP para diferentes temperaturas de fuente y evaporador. Fuente: Elaboración propia | 237 |
| Tabla 88. Fotovoltaica. Potencia y período de retorno para los casos con menor período de retorno bajo 20 años con apalancamiento. Fuente: Elaboración propia | 244 |
| Tabla 89. Fotovoltaica. Potencia y período de retorno para los casos con menor período de retorno bajo 20 años sin apalancamiento. Fuente: Elaboración propia | 245 |
| Tabla 90. Mini eólica. Potencia y período de retorno para los casos con menor período de retorno bajo 20 años con apalancamiento. Fuente: Elaboración propia | 246 |
| Tabla 91. Mini eólica. Potencia y período de retorno para los casos con menor período de retorno bajo 20 años sin apalancamiento. Fuente: Elaboración propia | 247 |
| Tabla 92. Mini hidráulica. Potencia y período de retorno para los casos con menor período de retorno bajo 20 años con apalancamiento. Fuente: Elaboración propia | 248 |
| Tabla 93. Mini hidráulica. Potencia y período de retorno para los casos con menor período de retorno bajo 20 años sin apalancamiento. Fuente: Elaboración propia | 249 |
| Tabla 94. Refrigeración con agua freática. Potencia y período de retorno para los casos de mayor tamaño con período de retorno bajo 10 años con apalancamiento. Fuente: Elaboración propia | 250 |
| Tabla 95. Refrigeración con agua freática. Potencia y período de retorno para los casos de mayor tamaño con período de retorno bajo 10 años sin apalancamiento. Fuente: Elaboración propia | 251 |
| Tabla 96. Tamaño de sistemas solares térmicos para Packings medianos con aporte solar 60%. Fuente: Elaboración propia | 254 |
| Tabla 97. Fotovoltaica. Indicadores técnicos y financieros para el caso de estacionalidad 1, apalancamiento 70% y evolución costo electricidad +5,2% para todas las regiones y tamaños. Fuente: Elaboración propia | 256 |
| Tabla 98. Fotovoltaica. Indicadores técnicos y financieros para el caso de estacionalidad 1, sin apalancamiento y evolución costo electricidad +5,2% para todas las regiones y tamaños. Fuente: Elaboración propia | 257 |
| Tabla 99. Refrigeración con agua freática. Indicadores técnicos y financieros para el caso de estacionalidad 1, apalancamiento 70% y evolución costo electricidad +5,2% para todas las regiones y tamaños. Fuente: Elaboración propia | 259 |
| Tabla 100. Refrigeración con agua freática. Indicadores técnicos y financieros para el caso de estacionalidad 1, sin apalancamiento y evolución costo electricidad +5,2% para todas las regiones y tamaños. Fuente: Elaboración propia | 261 |
| Tabla 101 Zona climática y producción total para caso desarrollado. Fuente: Elaboración propia | 262 |
| Tabla 102 Estimación de la producción. Fuente: Elaboración propia | 262 |
| Tabla 103 Geometría de la cámara y condiciones de consigna. Fuente: Elaboración propia | 263 |
| Tabla 104 Energía asociada al frío. Fuente: Elaboración propia | 264 |
| Tabla 105 Balance energético general. Fuente: Elaboración propia | 265 |
| Tabla 106 características de la instalación SFV. Fuente: Elaboración propia | 268 |
| Tabla 107 Condiciones de contorno, balance energético y ahorro generado. Fuente: Elaboración propia | 270 |
| Tabla 108 Condiciones de contorno financieras. Fuente: Elaboración propia | 271 |
| Tabla 109 Flujos monetarios del proyecto y resultados del caso. Fuente: Elaboración propia | 272 |
| Tabla 110. Gráficos de interpretación de resultados. Fuente: Elaboración propia | 273 |
| Tabla 9.1. Resumen de mejoras de eficiencia energética con sus ahorros relativos y absolutos. Fuente: Elaboración propia | 287 |
| Tabla 9.2. Resumen de mejoras de eficiencia energética según la importancia de su ahorro. Fuente: Elaboración propia | 288 |
| Tabla 3. Indicadores económicos de las medidas de eficiencia energética | 291 |
| Tabla 9.4 Cambio de luminaria. Fuente: Comisión Nacional de Energía, Fundación Chile, ASIMET, 2007 | 296 |
| Tabla 5. Tabla resumen de medidas de ahorro en Aire Comprimido. Fuente elaboración propia | 303 |
| Tabla 116. Períodos de retorno para todas las tecnologías, localizaciones y tamaños, con apalancamiento 70%, estacionalidad 1 y evolución precio de la electricidad +5,2%. Fuente: Elaboración propia | 308 |
| Tabla 8. Costos asociados a proyectos PMGD. Fuente: Elaboración propia | 312 |
| Tabla 9. Sobrecosto PMGD absoluto y por unidad de potencia según funciones desarrolladas. Fuente: Elaboración propia | 313 |

15. Índice de ilustraciones

| | |
|--|----|
| Ilustración 1: Lista de países exportadores de fruta fresca en 2015. | 11 |
| Ilustración 2: Niveles de exportación de los diversos capítulos existentes en el registro de Aduanas (Fuente: Aduana) | 12 |
| Ilustración 3: Distribución de superficie cultivada de frutales en Chile. Fuente: ODEPA-CIREN. | 12 |
| Ilustración 4: Número de empresas de packing y sus capacidades de almacenamiento por región. (Fuente: www.odepa.cl) | 13 |
| Ilustración 5: Esquema de una línea de empaquetamiento básica o de baja complejidad. | 15 |
| Ilustración 6: Esquema de una línea de empaquetamiento de media complejidad. | 15 |
| Ilustración 7: Esquema de una línea de empaquetamiento de alta complejidad. | 16 |
| Ilustración 8. Matriz de fuentes secundarias de energía, Perfil anual de consumo de energías secundarias, Perfil de producción y Perfil de consumo térmico. Región del general Libertador Bernardo O'Higgins. | 18 |
| Ilustración 9. Distribución de demanda de energía para procesos de frío, Región de O'Higgins | 19 |
| Ilustración 10. Esquema sankey de consumo energético para Región del general Libertador Bernardo O'Higgins. | 19 |
| Ilustración 11. Factor de potencia para meses y horas del año, para el SING y el SIC. Fuente: Estudios de Potencial ERNC del Ministerio de Energía. | 21 |
| Ilustración 12. Curvas de variación de velocidad promedio del viento y factor de planta anual. Fuente: Estudios de Potencial ERNC del Ministerio de Energía. | 22 |
| Ilustración 13. Ejemplo de tabla de resultados de potencia viable por casos. Fuente: Elaboración propia | 27 |
| Ilustración 14. Distribución de importancia en el ahorro de las mejoras de eficiencia energética | 41 |
| Ilustración 15. Indicadores económicos de las medidas de eficiencia energética | 44 |
| Ilustración 17: Distribución de las principales áreas productivas involucradas en la exportación agro alimentaria según la zona geográfica de origen (Fuente: Elaboración Propia a partir de datos publicados en "Agricultura Chilena 2014: una perspectiva de mediano plazo", ODEPA). | 47 |
| Ilustración 18: Esquema básico de la industria agroalimentaria en Chile (Fuente: Elaboración Propia). | 48 |
| Ilustración 19: Lista de países exportadores de fruta fresca en 2015. | 52 |
| Ilustración 20: Evolución de exportaciones de fruta fresca a nivel mundial (Fuente: www.trademapp.org) | 53 |
| Ilustración 21: Intercambio comercial de frutas según mercados en millones de dólares (Fuente: Dirección de Inteligencia Económica (SIECA), con datos de TradeMap.) | 54 |
| Ilustración 22: Niveles de exportación de los diversos capítulos existentes en el registro de Aduanas (Fuente: Aduana) | 54 |
| Ilustración 23: Distribución mundial de frutas exportadas durante 2015. (Fuente: Dirección de Inteligencia Económica (SIECA), con datos de TradeMap, 2016.) | 55 |
| Ilustración 24: Niveles de exportación de los diversos capítulos existentes en el registro de Aduanas (Fuente: Aduana) | 57 |
| Ilustración 25: Exportaciones totales de fruta fresca detallada (MUSD FOB) (Fuente: Odepa) | 58 |
| Ilustración 26: Distribución de exportación de Fruta Congelada, durante 2015 (Fuente: www.aduanas.cl) | 59 |
| Ilustración 27: Volúmenes de exportación de frutas frescas y congelados (Fuente: www.aduanas.cl) | 60 |
| Ilustración 28: Producción de fruta fresca destinada a mercado internacional durante 2015. | 62 |
| Ilustración 29: Producción de fruta fresca destinada al mercado nacional durante 2015. | 64 |
| Ilustración 30: Distribución de producción nacional de fruta fresca destinada a mercado nacional e internacional. | 64 |
| Ilustración 31: Distribución de superficie cultivada de frutales en Chile. Fuente: ODEPA-CIREN. | 66 |
| Ilustración 32: Número de agroindustrias y sus capacidades de procesamiento por región. (Fuente: www.odepa.cl) | 67 |
| Ilustración 33: Número de empresas de packing y sus capacidades de almacenamiento por región. (Fuente: www.odepa.cl) | 69 |
| Ilustración 34: Distribución de plantas de packing de 15 empresas relevantes en la industria (Fuente: Elaboración propia a partir del análisis de actores de la industria) | 70 |
| Ilustración 35: Número de cámaras de prefrió, frío, atmósfera controlada y de fumigación por región. (Fuente: www.odepa.cl) | 71 |
| Ilustración 36: Capacidades de almacenamiento en cámaras de prefrió, frío, atmósfera controlada y de fumigación por región. (Fuente: www.odepa.cl) | 72 |
| Ilustración 37 a) y b) Análisis estadístico entre a) Superficie y cámaras de frío por región, y b) Superficie y Cámaras de prefrió por región. | 73 |

| | |
|--|------------|
| Ilustración 38: a) y b): Análisis estadístico entre a) Superficie y número de packings por región, y b) Superficie y número de agroindustrias por región. | 74 |
| Ilustración 39: Imágenes de packing satélite (Fuente: web) | 75 |
| Ilustración 40: Imágenes de packing satélite autorizado por SAG (Fuente: www.sag.cl/) | 75 |
| Ilustración 41: Imágenes de packing industrial (Fuentes: http://www.frusan.cl/ http://www.geexsa.com/) | 75 |
| Ilustración 42: Esquema tipos de packing de fruta. (Fuente: elaboración propia a partir de entrevistas a actores clave de la industria del packing) | 76 |
| Ilustración 43: a), b), c): Análisis estadístico entre a) Cámaras de Pre Frío, b) Cámaras de frío y c) Cámaras de Atmósfera Controlada por unidades productivas región (Elaboración Propia en base a información de ODEPA). | 77 |
| Ilustración 44: Bins empleados en transporte de fruta fresca (Fuente: Visita planta Gesex Buin). | 78 |
| Ilustración 45: Vista recepción de fruta, planta Gesex (Buin). | 79 |
| Ilustración 46: Vista lavado y secado de fruta, planta Gesex (Buin). | 79 |
| Ilustración 47: Vista proceso de selección de fruta, planta Gesex (Buin). | 80 |
| Ilustración 48: Vista proceso de etiquetado y embalaje de fruta, planta Gesex (Buin). | 80 |
| Ilustración 49: Vista paletizado, planta Gesex (Buin). | 81 |
| Ilustración 50: Vista cámara de prefrío, planta Gesex (Buin). | 82 |
| Ilustración 51: Vista cámara de frío, planta Gesex (Buin). | 82 |
| Ilustración 52: Mapa de actores de la industria del packing (Fuente: Elaboración propia a partir de entrevistas a actores de la industria). | 83 |
| Ilustración 53: Fragmento de encuesta a empresas de packing (Fuente: Elaboración propia) | 93 |
| Ilustración 54: Fragmento de encuesta a proveedores de EE y ERNC (Fuente: Elaboración propia) | 94 |
| Ilustración 55: Vista cámara de frío Frunar (Fuente: Visita a planta 08-09-2016). | 106 |
| Ilustración 56: Packing de pomáceas en instalaciones de Frunar (Fuente: Visita a planta 08-09-2016). | 107 |
| Ilustración 57: Vista paneles fotovoltaicos en techo planta Frunar (Fuente: Visita a planta 08-09-2016). | 108 |
| Ilustración 58: Vista paneles fotovoltaicos en techo planta Frunar (Fuente: Visita a planta 08-09-2016). | 109 |
| Ilustración 59: Condensadores en techo de planta Frunar (Fuente: Visita a planta 08-09-2016). | 110 |
| Ilustración 60: a) Evaporador en cámara de frío; b) Bomba de refrigerante freón (Fuente: Visita a planta 08-09-2016). | 110 |
| Ilustración 61: Torre disipadora de calor en planta Frunar (Fuente: Visita a planta 08-09-2016). | 111 |
| Ilustración 62: Vista predio Agrícola Aeropuerto (Fuente: Visita 02-09-2016) | 112 |
| Ilustración 63: Vista frontal packing Agrícola Aeropuerto (Fuente: Visita 02-09-2016) | 113 |
| Ilustración 64: Vista líneas de packing de uva de mesa desmontadas (Fuente: Visita 02-09-2016) | 113 |
| Ilustración 65: Vista proyecto fotovoltaico Agrícola Aeropuerto (Fuente: Visita 02-09-2016). | 115 |
| Ilustración 66: a) Vista Inversor 60kW; b) Vista panel inversor (Fuente: Visita 02-09-2016). | 116 |
| Ilustración 67: Vista interna cámara de prefrío en packing satélite Agrícola Aeropuerto (Fuente: Visita 02-09-2016). | 117 |
| Ilustración 68: Vista de proyecto fotovoltaico con packing al fondo (Fuente: Visita Agrícola La Capellanía 08-09-2016) | 118 |
| Ilustración 69: Vista paneles fotovoltaico proyecto Agrícola La Capellanía (Fuente: Visita Agrícola La Capellanía 08-09-2016) | 120 |
| Ilustración 70: Inversor proyecto fotovoltaico Agrícola La Capellanía (Fuente: Visita Agrícola La Capellanía 08-09-2016) | 121 |
| Ilustración 71: Vista equipos desmontados línea de packing manual de uva de mesa (Fuente: Visita Agrícola La Capellanía 08-09-2016). | 122 |
| Ilustración 72: Diagrama general de metodología. Fuente: Elaboración propia | 123 |
| Ilustración 73: Distribución del consumo eléctrico para centros de empaque y plantas de almacenamiento en frío | 125 |
| Ilustración 74: Distribución de consumos para cinco packings del estudio “Energy efficiency in fruit storage warehouses” | 125 |
| Ilustración 75: Distribución del uso de la energía para el packing “Bonny Glen Fruit” | 126 |
| Ilustración 76: Distribución de consumo eléctrico en un packing en grupos y por componentes | 127 |
| Ilustración 77: Consumos específicos de energía para el empaquetamiento (sin frío) de cítricos, uvas y manzanas. Y consumos específicos de energía destinada a frío de las mismas frutas. | 127 |
| Ilustración 78: Matriz de energías secundarias para el packing de la empresa Dosal. | 128 |
| Ilustración 79: Matriz de energías secundarias para el packing de la empresa Rio Blanco. | 129 |

| | |
|--|------------|
| Ilustración 80 Distribución de consumo por sistemas y distribución de potencia instalada en sistemas de refrigeración para el packing de la empresa Rio Blanco. | 129 |
| Ilustración 81 Matriz de energías secundarias para un packing, entregado por empresa Proquilab. | 130 |
| Ilustración 82 Distribución de consumo energético por grupos energéticos de un packing, entregado por empresa Proquilab. | 130 |
| Ilustración 83 Distribución de producción de pomáceas para un packing, entregado por Proquilab. | 131 |
| Ilustración 84 Matriz de energías secundarias para el packing de la empresa Sociedad Agrícola Puente Negro. | 132 |
| Ilustración 85 Producción anual de la empresa Sociedad Agrícola Puente Negro. | 132 |
| Ilustración 86 Estacionalidad de la empresa Sociedad Agrícola Puente Negro. | 133 |
| Ilustración 87 Distribución de potencia instalada de la empresa Sociedad Agrícola Puente Negro. | 133 |
| Ilustración 88 Matriz de energías secundarias para el packing de la empresa Sociedad Agrícola Puente Negro. | 134 |
| Ilustración 89 Distribución anual de consumo eléctrico de la empresa Sociedad Agrícola Puente Negro. | 135 |
| Ilustración 90 Formulario tipo para seguimiento de consumo energético propuesto por Fundación Chile y FdF. | 136 |
| Ilustración 91 Matriz de energías secundarias para planta Al Mondo de la exportadora Frugal. | 137 |
| Ilustración 92 Distribución de costos asociados a la planta Al Mondo de la empresa Frugal. | 137 |
| Ilustración 93 Diagrama detallado de la metodología de modelado | 139 |
| Ilustración 94: Esquema de una línea de empaquetamiento básica o de baja complejidad. | 146 |
| Ilustración 95: Esquema de una línea de empaquetamiento de media complejidad. | 147 |
| Ilustración 96: Esquema de una línea de empaquetamiento de alta complejidad. | 148 |
| Ilustración 97. Pérdidas térmicas para cámara de frío situada en la región de O'higgins | 155 |
| Ilustración 98. Sensibilidad de la demanda de frío frente al volumen de almacenamiento | 157 |
| Ilustración 99. Sensibilidad de la demanda de frío a la sub-utilización de la cámara de frío | 158 |
| Ilustración 100. Sensibilidad de la demanda de frío frente a la aislación de la cámara | 159 |
| Ilustración 101. Sensibilidad de la demanda de frío frente a la localización de la cámara (Valles de cada región) | 160 |
| Ilustración 102: Matriz de consumos energéticos por fuentes secundarias | 166 |
| Ilustración 103: Matriz de consumos energéticos por fuentes, en perfil mensual para un año | 167 |
| Ilustración 104: Matriz de consumos energéticos térmicos (de calor y frío) | 167 |
| Ilustración 105: Comparación entre perfiles de consumo eléctrico | 169 |
| Ilustración 106 Curva de consumos eléctricos totales real vs modelo | 172 |
| Ilustración 107 Curva de consumos eléctricos totales real vs modelo filtrado | 172 |
| Ilustración 108. Matriz de fuentes secundarias de energía, Perfil anual de consumo de energías secundarias, Perfil de producción y Perfil de consumo térmico. Región de Atacama. | 177 |
| Ilustración 109. Distribución de demanda de energía para procesos de frío, Región de Atacama | 178 |
| Ilustración 110. Esquema sankey de consumo energético para Región de Atacama. | 178 |
| Ilustración 111. Matriz de fuentes secundarias de energía, Perfil anual de consumo de energías secundarias, Perfil de producción y Perfil de consumo térmico. Región de Coquimbo. | 180 |
| Ilustración 112. Distribución de demanda de energía para procesos de frío, Región de Coquimbo | 181 |
| Ilustración 113. Esquema sankey de consumo energético para Región de Coquimbo. | 181 |
| Ilustración 114. Matriz de fuentes secundarias de energía, Perfil anual de consumo de energías secundarias, Perfil de producción y Perfil de consumo térmico. Región de Valparaíso. | 183 |
| Ilustración 115. Distribución de demanda de energía para procesos de frío, Región de Valparaíso | 184 |
| Ilustración 116. Esquema sankey de consumo energético para Región de Valparaíso. | 184 |
| Ilustración 117. Matriz de fuentes secundarias de energía, Perfil anual de consumo de energías secundarias, Perfil de producción y Perfil de consumo térmico. Región Metropolitana. | 186 |
| Ilustración 118. Distribución de demanda de energía para procesos de frío, Región Metropolitana | 186 |
| Ilustración 119. Esquema sankey de consumo energético para Región Metropolitana. | 187 |
| Ilustración 120. Matriz de fuentes secundarias de energía, Perfil anual de consumo de energías secundarias, Perfil de producción y Perfil de consumo térmico. Región del General Libertador Bernardo O'Higgins. | 189 |
| Ilustración 121. Distribución de demanda de energía para procesos de frío, Región de O'Higgins | 190 |
| Ilustración 122. Esquema sankey de consumo energético para Región del general Libertador Bernardo O'Higgins. | 190 |
| Ilustración 123. Matriz de fuentes secundarias de energía, Perfil anual de consumo de energías secundarias, Perfil de producción y Perfil de consumo térmico. Región del Maule. | 192 |
| Ilustración 124. Distribución de demanda de energía para procesos de frío, Región de El Maule | 193 |
| Ilustración 125. Esquema sankey de consumo energético para Región del Maule | 193 |

| | |
|---|------------|
| Ilustración 126. Matriz de fuentes secundarias de energía, Perfil anual de consumo de energías secundarias, Perfil de producción y Perfil de consumo térmico. Región de Biobío | 195 |
| Ilustración 127. Distribución de demanda de energía para procesos de frío, Región de Biobío | 196 |
| Ilustración 128. Esquema sankey de consumo energético para Región del Biobío | 196 |
| Ilustración 129. Matriz de fuentes secundarias de energía, Perfil anual de consumo de energías secundarias, Perfil de producción y Perfil de consumo térmico. Región de La Araucanía | 198 |
| Ilustración 130. Distribución de demanda de energía para procesos de frío, Región de La Araucanía | 199 |
| Ilustración 131. Esquema sankey de consumo energético para Región de La Araucanía | 199 |
| Ilustración 132. Matriz de fuentes secundarias de energía, Perfil anual de consumo de energías secundarias, Perfil de producción y Perfil de consumo térmico. Región de Los Ríos. | 200 |
| Ilustración 133. Distribución de demanda de energía para procesos de frío, Región de Los Ríos | 201 |
| Ilustración 134. Esquema sankey de consumo energético para Región de Los Ríos | 201 |
| Ilustración 135. Matriz de fuentes secundarias de energía, Perfil anual de consumo de energías secundarias, Perfil de producción y Perfil de consumo térmico. Región de Los Lagos. | 202 |
| Ilustración 136. Distribución de demanda de energía para procesos de frío, Región de Los Lagos | 203 |
| Ilustración 137. Esquema sankey de consumo energético para Región de Los Lagos | 203 |
| Ilustración 138 Mapa de radiación solar. Fuente: Meteonorm 7.0 | 209 |
| Ilustración 139. Directorio empresas Fuente: mercadosolar.cl | 211 |
| Ilustración 140. Factor de potencia para meses y horas del año, para el SING y el SIC. Fuente: Estudios de Potencial ERNC del Ministerio de Energía. | 214 |
| Ilustración 141. Curvas de variación de velocidad promedio del viento y factor de planta anual. Fuente: Estudios de Potencial ERNC del Ministerio de Energía. | 214 |
| Ilustración 142. Esquema básico de integración de energía solar térmica. Fuente: Elaboración propia. | 216 |
| Ilustración 143. Diagrama resumen de proceso de cogeneración con biogás (Copyright 2010 2015 Genera 4 S.A.) | 219 |
| Ilustración 144. Diagramas de puntos de operación de la maquina frigorífica en EES | 221 |
| Ilustración 145. Curvas de costos de inversión por tecnología. Fuente: Elaboración propia | 229 |
| Ilustración 146. Sobrecosto PMGD absoluto y por unidad de potencia según funciones desarrolladas | 229 |
| Ilustración 147 Costo de inversión PMGD. Fuente: Elaboración propia | 230 |
| Ilustración 148. Curvas de costos de mantención. Fuente: Elaboración propia | 231 |
| Ilustración 149. Caso de referencia | 236 |
| Ilustración 150. Situación Refrigeración Aguas Freáticas T=9°C | 236 |
| Ilustración 151. Situación Refrigeración Aguas Freáticas T=15°C | 237 |
| Ilustración 152. Tabla de características de motores de biogás de 2G | 239 |
| Ilustración 153. Aproximación a rendimientos de motores de biogás | 240 |
| Ilustración 154 Curvas de payback para distintas soluciones tecnológicas. Fuente: Elaboración propia | 241 |
| Ilustración 155. Ejemplo de tabla de resultados de potencia viable por casos. Fuente: Elaboración propia | 242 |
| Ilustración 156 Balance energético de caso desarrollado. Fuente: Elaboración propia | 266 |
| Ilustración 157 Curva de demanda de potencia. Fuente: Elaboración propia | 267 |
| Ilustración 158 Flujos energéticos de producción, consumo de electricidad y diesel, horarios. Fuente: Elaboración propia | 269 |
| Ilustración 159 SFV - Payback vs potencia instalada por región. Fuente: Elaboración propia | 275 |
| Ilustración 160 SFV Payback menor a 10 años vs potencia instalada - por región | 275 |
| Ilustración 161 SFV - Payback vs producción por región | 275 |
| Ilustración 162 SFV - Payback inferior a 10 años vs producción por región | 276 |
| Ilustración 163 SFV - Payback vs fracción potencia instalada / potencia peak de la energía por IPE | 276 |
| Ilustración 164 SFV - Payback vs fracción potencia instalada / potencia peak de la energía por región | 276 |
| Ilustración 165 SFV - Payback vs fracción potencia instalada / potencia peak de la energía por estación | 277 |
| Ilustración 166 EOL - Payback vs potencia instalada por región | 278 |
| Ilustración 167 EOL - Payback vs producción por región | 278 |
| Ilustración 168 EOL - Payback vs fracción potencia instalada / potencia peak de la energía por IPE | 279 |
| Ilustración 169 EOL - Payback vs fracción potencia instalada / potencia peak de la energía por región | 279 |
| Ilustración 170 HID - Payback vs potencia instalada por región | 280 |
| Ilustración 171 HID - Payback menor a 10 años vs potencia instalada - por región | 280 |
| Ilustración 172 HID - Payback vs producción por región | 281 |
| Ilustración 173 HID - Payback inferior a 10 años vs producción por región | 281 |
| Ilustración 174 HID - Payback vs fracción potencia instalada / potencia peak de la energía por IPE | 281 |

| | |
|--|------------|
| Ilustración 175 HID - Payback vs fracción potencia instalada / potencia peak de la energía por región | 282 |
| Ilustración 176 HID - Payback vs fracción potencia instalada / potencia peak de la energía por estación | 282 |
| Ilustración 177 GHP - Payback vs potencia instalada por región | 284 |
| Ilustración 178 GHP - Payback menor a 10 años vs potencia instalada - por región | 284 |
| Ilustración 179 GHP - Payback vs producción por región | 285 |
| Ilustración 180 GHP - Payback inferior a 10 años vs producción por región | 285 |
| Ilustración 181 GHP - Payback vs Potencia instalada | 285 |
| Ilustración 182. Distribución de importancia en el ahorro de las mejoras de eficiencia energética | 290 |
| Ilustración 183. Indicadores económicos de las medidas de eficiencia energética | 293 |
| Ilustración 185. Caracterización de cámaras | 309 |
| Ilustración 186. Caracterización de Packings | 310 |
| Ilustración 187. Caracterización de proyectos y proveedores ERNC | 311 |
| Ilustración 188. Ajuste de función de costos OOAA para PMGD en base a casos reales | 313 |
| Ilustración 189. Sobrecosto PMGD absoluto y por unidad de potencia según funciones desarrolladas | 314 |
| Ilustración 190 EOL - Payback menor a 10 años vs potencia instalada - por región | 324 |
| Ilustración 191 EOL - Payback inferior a 10 años vs producción por región | 324 |
| Ilustración 192 EOL - Payback vs fracción potencia instalada / potencia peak de la energía por estación | 325 |