



Estudio de antecedentes para el diseño de un  
proyecto comunitario:

# Frigorífico solar para frutas y hortalizas del valle de Chaca

INSTITUCIONES EJECUTORAS SERC CHILE



UNIVERSIDAD DE TARAPACÁ  
*Universidad del Estado*



Universidad  
de Antofagasta



UNIVERSIDAD DE CHILE

SOCIOS ESTRATÉGICOS



FUNDACIÓN CHILE



# PRÓLOGO

El presente estudio de antecedentes para el diseño del proyecto comunitario “*Frigorífico solar para frutas y hortalizas del valle de Chaca*”, se destina a ser utilizado, como una fuente de información hacia las comunidades rurales y público en general, de manera, como material de consulta y divulgación que trata la situación energética de la región de Arica y Parinacota, haciendo hincapié asimismo en las características energética propias de la región. Se ha pretendido elaborar esta guía que pueda ser leída por cualquier persona sin formación técnica en la materia y lograr que, a través de su lectura, pueda entender cómo es la generación de electricidad y la producción de energía a partir de fuentes energéticas renovables. Su carácter divulgativo favorecerá su aprovechamiento por jóvenes, pero también por personas de todas las edades que sientan interés por los temas energéticos de las región.

Esta propuesta se encuentra en los objetivos del proyecto Ayllu Solar, una iniciativa de SERC Chile (Solar Energy Research Center) que es la creación de capital humano para impulsar el desarrollo sostenible de comunidades urbanas y rurales de la región de Arica y Parinacota, a través del uso de energía solar, con el fin de contribuir, desde la ciencia, a mejorar la calidad de vida de sus habitantes. Este estudio de antecedentes se elaboró como una propuesta de proyecto en el año 2015, en el marco de la selección de los proyectos de referencia que finalmente fueron implementados en la región de Arica y Parinacota. La presente no fue implementada, sin embargo, constituye una guía útil para el desarrollo de proyectos de similares características.

La edición de este documento se estructura en 4 capítulos. El primer capítulo corresponde al estado del arte de la situación de la región y del sitio de emplazamiento del proyecto. El segundo capítulo se refiere a la descripción técnica y económica de la propuesta que está dedicada, en términos generales, a las tecnologías y soluciones involucradas en esta iniciativa. El tercer capítulo abarca los temas de diagnóstico socio-cultural (línea base y la metodología de la co-construcción) y finalmente el cuarto capítulo donde se explica y se exponen los aspectos de la formación de capital humano.

Finalmente, se debe considerar que, no obstante algunos de los datos estadísticos fueron actualizados dentro del texto original (ejemplo actualización Censo 2017), todos los costos fueron realizados con valores del año, 2015, por tal motivo para mejor uso de este documento se sugiere ajustar los costos y normativas a los precios de mercado actuales y valor del dólar del día de la consulta.

# RESUMEN EJECUTIVO

## RESUMEN EJECUTIVO

La actividad agrícola del Valle de Chaca contempla varios tipos de cultivos: frutales como maracuyás y guayabos, y hortalizas como tomates, melones, maíz, rocoto, pimientos y ajíes, principalmente. Esta diversidad se sustenta -además de las buenas condiciones climáticas- en la buena calidad del agua de riego del valle.

Los productores de la zona, en su mayoría, son pequeños agricultores que no cuentan con capacidades (económicas) para mejorar la calidad de sus productos ni para comercializar en mercados altamente competitivos, lo cual les impide acceder a mejores precios que les permitan mejorar sus ingresos. Además, debido al bajo volumen de producción, no cuentan con un poder de negociación comercial que les permita mejorar los precios de venta.

La aplicación solar propuesta consiste en la construcción de una cámara frigorífica para frutas y hortalizas energizada con energía solar, que permitirá almacenar en frío la producción de los agricultores del valle de Chaca (y eventualmente de Vítor). Los beneficios esperados de esta solución solar son los siguientes:

- Aumento del volumen de oferta y flexibilidad en el momento de venta que permitirán aumentar la capacidad de comercialización y poder de negociación de los agricultores,
- Acceso a nuevos mercados (más exigentes o no abastecidos),
- Mayor flexibilidad en el momento de cosecha permitiendo adecuarse a la disponibilidad de agua de riego,
- Incremento de la calidad y la inocuidad de las frutas y hortalizas<sup>1</sup>,
- Disminución de las mermas producidas por efectos fisiológicos (descomposición) y climáticos,
- Mejora en la logística y distribución de los productos.

Para el almacenamiento de alimentos refrigerados, las cámaras frigoríficas cuentan con cuatro elementos principales: un evaporador, un compresor, un condensador y una válvula de expansión. Se plantea implementar una micro-red encargada de generar la energía demandada por el frigorífico. Esta micro-red está compuesta por: un generador Diesel de 15[kW] de potencia nominal, una planta fotovoltaica de 50 [kW], un convertidor de 20 [kW], y un arreglo de 104 baterías de plomo ácido. La inversión de la solución solar alcanza los 223 millones de pesos y el análisis de sensibilidad muestra que el flujo es más sensible a bajas en la producción que en las de precio. En este sentido, el proyecto es capaz de generar saldos positivos en un escenario donde la producción disminuye a un 80% y el precio a un 167,34% bajo lo esperado.

---

<sup>1</sup> Incorporar productos a la cadena de frío, además de disminuir el efecto de la maduración, disminuye la posibilidad de contaminación por microorganismos, ya que además de controlar la temperatura, se aplica control con SO<sub>2</sub> u otros agentes antimicrobianos. Si se incorporara un sistema de selección de fruta, permitiría además de tener fruta más sana, mejorar las características comerciales (Ej.: calibradas).

## Tabla de contenido

PRÓLOGO .....	I
RESUMEN EJECUTIVO .....	II
1. INTRODUCCIÓN.....	1
1.1. Antecedentes básicos .....	1
1.2. Descripción de la localidad.....	1
1.3. Descripción general de problemática abordada .....	2
2. DESCRIPCIÓN TÉCNICA DE LA PROPUESTA .....	3
2.1. Esquema general de solución propuesta.....	3
2.2. Detalles de componentes más relevantes.....	5
2.3. Evaluación de costos .....	12
2.4. Análisis de impacto económico .....	15
3. DIAGNÓSTICO SOCIO-CULTURAL .....	17
3.1. Descripción de aspectos relevantes de la comunidad.....	17
3.2. Análisis crítico.....	20
4. FORMACIÓN DE CAPITAL HUMANO .....	21
4.1. Propuesta Formativa .....	21
4.2. ¿Cuáles son las temáticas y actividades propuestas? .....	21
4.3. Costos .....	22
4.4. Comentarios a la sección Formación de capital humano.....	23
5. CONCLUSIONES GENERALES .....	24
6. REFERENCIAS .....	26
7. ANEXOS .....	28
7.1. Distribución mensual estimada de frutas y hortalizas producidas en el Valle de Chaca.....	28
7.2. Recursos energéticos disponibles en Chaca.....	29
7.3. Modelo Intarcon.....	31
7.4. Alternativas tecnológicas para la implementación de la micro-red.....	35
7.5. Características del frigorífico.....	37
7.6. Características de los productos del frigorífico.....	38



## 1. INTRODUCCIÓN

### 1.1. Antecedentes básicos

La actividad agrícola del Valle de Chaca contempla varios tipos de cultivos: frutales como maracuyás y guayabos, y hortalizas como tomates, melones, maíz, rocoto, pimientos y ajíes, principalmente. Esta diversidad se sustenta -además de las buenas condiciones climáticas- en que el valle cuenta con buena calidad de agua.

Durante el período de precipitaciones estivales del altiplano el agua para riego se extrae desde el río Vítor que dispone de caudal suficiente para riego. Cuando decrece el volumen de agua del río, los agricultores recurren al bombeo de agua de pozos. Existen períodos en que tanto los recursos hídricos superficiales como los subterráneos escasean, situación que limita el buen desempeño de la actividad agrícola.

Los productores de la zona, en su mayoría, son pequeños agricultores que no cuentan con capacidades (económicas) para mejorar la calidad de sus productos ni para comercializar en mercados altamente competitivos (como por ejemplo supermercados de alta gama o exportación), lo cual les impide acceder a mejores precios que les permitan mejorar sus ingresos. Además, ellos venden de manera individual, principalmente en el Mercado mayorista agrícola de Arica (conocido como El Agro), y debido al bajo volumen de producción no cuentan con un poder de negociación comercial que les permita mejorar los precios de venta.

### 1.2. Descripción de la localidad

El valle de Chaca se encuentra ubicado a 50 kilómetros al sur de la ciudad de Arica. Esta cuenca se compone por la Quebrada de Vítor, que también se conoce como la Quebrada de Chaca, y posee una hoya hidrográfica de 1.705 km<sup>2</sup>. El río Codpa se origina en la pre-cordillera y su principal tributario es la quebrada Garza o Calisama. Su cuenca es exorreica, aunque de caudal intermitente con régimen hídrico de tipo pluvial. Los escurrimientos superficiales intermitentes son de pequeña magnitud, desde 300 L/s en época lluviosa, a no más de 40 L/s. Este río nace en la angostura de Umirpa, desciende a través de un estrecho cajón cordillerano y alcanza el pueblo de Codpa, donde posee un cauce profundo. Luego, el río sigue su desarrollo atravesando las pampas de Chaca y Camarones, hasta finalmente desembocar en el mar en Caleta Vítor. El recorrido total de este sistema hídrico es de 110 km (CONADI, 2014).

Administrativamente pertenece a la comuna de Arica y se ubica entre los paralelos 18°42' y 18°55' de latitud sur y los meridianos 70°22' y 69°15' de longitud oeste. Las principales localidades rurales existentes en el área son: Chaca, Ofragía, Codpa, Amozac, Guañacagua, Poroma, Palca, Chitita y Vítor (DGA, 2010).

El CENSO del 2017 señala que en el Valle de Chaca habitan 338 personas, lo que en general coincide con los relatos de los habitantes. La escuela de Chaca mantiene una matrícula de 30 niños aproximadamente, y de estos más del 50% son de Caleta Vítor.

Las familias que habitan este territorio poseen una historia diversa, algunas han migrado desde la región de Tarapacá, de sectores como Miñi Miñe, otras familias vienen de pueblos del interior de la provincia de Parinacota como de Chapiquiña, Timar, Belén, entre otros. Los habitantes que han nacido en este valle son las dos últimas generaciones, que nacieron desde la década de 1950 en adelante. Actualmente, a lo largo del Valle de Chaca habitan entre 100 y 200 personas, y en Caleta Vítor 150 personas aproximadamente.

La principal actividad económica en este valle es la agricultura, la que ha sufrido grandes transformaciones debido a los cambios en la disponibilidad de los recursos hídricos.

La propiedad de tierras y agua está más regularizada en el sector de Chaca, en comparación con Caleta Vítor, que solo durante la última década ha comenzado a regularizar sus derechos de propiedad después de 40 años de asentamiento en la localidad. Los títulos los entregó la Corporación de la Reforma Agraria en la década del 70, y luego en las décadas del 80 y 90 Bienes Nacionales entregó tierras a los habitantes. Los títulos de agua están regularizados a propiedad individual, pero actualmente la Comunidad Indígena del Valle de Chaca está trabajando en inscribir las aguas a nombre de la comunidad, según el artículo 64 de la Ley 19.253. Esto no es posible para Caleta Vítor, ya que no existe una Comunidad Indígena.

En lo que se relaciona con los servicios básicos, el Valle de Chaca y Vítor no poseen electrificación, agua potable y tampoco alcantarillado. Solamente, en Chaca cuentan con dos horas de electricidad al día, de las 20 a 22 horas, a través de un generador diésel que financia la Municipalidad de Arica. Vítor no cuenta con energía eléctrica, sólo aquellos que tienen paneles fotovoltaicos en sus casas. Mientras el agua que consumen proviene de napas subterráneas.



Figura 1. Imagen Satelital Valle de Chaca (fuente: Google earth)

### **1.3. Descripción general de problemática abordada**

Los agricultores del valle de Chaca son en su mayoría pequeños agricultores que debido a su limitado volumen de producción tienen individualmente pocos espacios de negociación de mejores condiciones para la comercialización de sus productos, como tampoco posibilidad de vender en mercados altamente competitivos.

Considerando que el Valle de Chaca y Vítor no cuentan con electrificación, y ambos tiene vocación agrícola, la aplicación solar considerada es la instalación de un frigorífico solar para frutas y hortalizas.

El frigorífico estaría destinado a la conservación de hortalizas y frutas con el objetivo de mejorar las condiciones de post cosecha, con ello promover el aumento el volumen de producción y de este modo tener mejores opciones de comercialización.

Si bien existen proyectos de electrificación para la localidad de Chaca, que incluyen tanto iniciativas de la misma Junta de Vecinos como el compromiso de organismos del Estado sobre la conexión de localidad a la red eléctrica, no hay confianza en que esto se logre implementar en el corto plazo. En este contexto las actividades agrícolas podrían ser potenciadas por la instalación de una micro-red asociada a una cámara frigorífica.

## **2. DESCRIPCIÓN TÉCNICA DE LA PROPUESTA**

### **2.1. Esquema general de solución propuesta**

Una cámara frigorífica para frutas y hortalizas consiste en una construcción sólida que cuenta con un mecanismo de enfriamiento interno que sirve para almacenar tales productos a baja temperatura, deteniendo así los procesos naturales de madurez y descomposición. Luego de cosechados, los productos vegetales continúan el proceso de respiración, y, por lo tanto, su proceso de maduración, limitando de este modo el período de tiempo de venta en condiciones óptimas. Junto con ello, los microorganismos que descomponen frutas y hortalizas (y que se encuentran en el medio ambiente), tienen un umbral de temperatura para su desarrollo el cual sería controlado por efecto de la cámara de frío. Estas condiciones permitirían mantener la sanidad de los productos por períodos de tiempo más prolongados.

Se plantea implementar una micro-red encargada de generar la energía demandada por el frigorífico. Esta micro-red está compuesta por: un generador Diesel de 15[kW] de potencia nominal, una planta fotovoltaica de 50 [kW], un conversor de 20 [kW], y un arreglo de 104 baterías de plomo ácido.

A continuación, se presentan los principales elementos que componen la cámara frigorífica alimentada con energía solar:

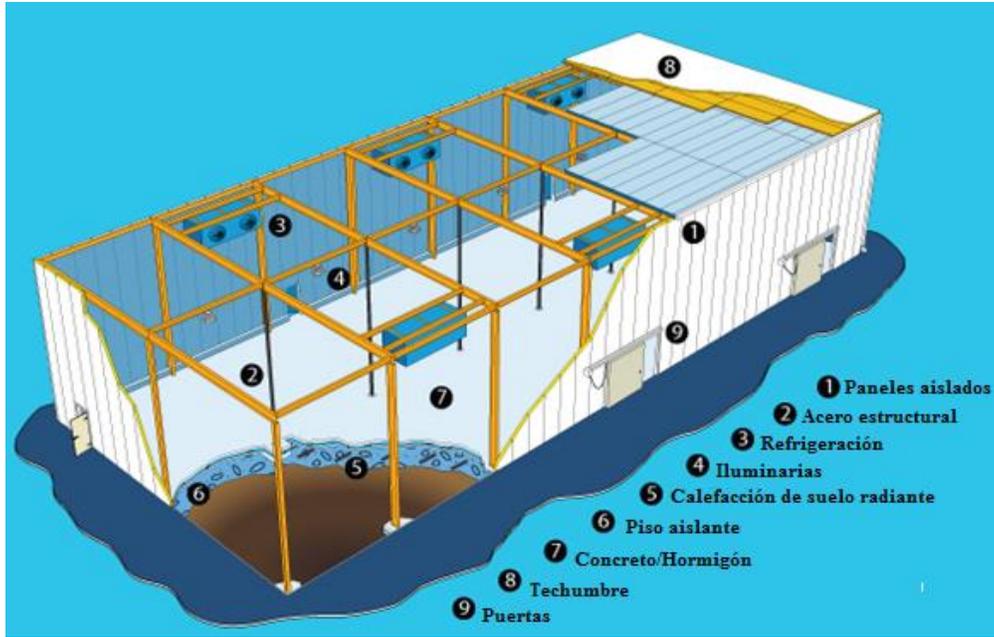


Figura 2. Esquema general de la estructura de una cámara frigorífica.

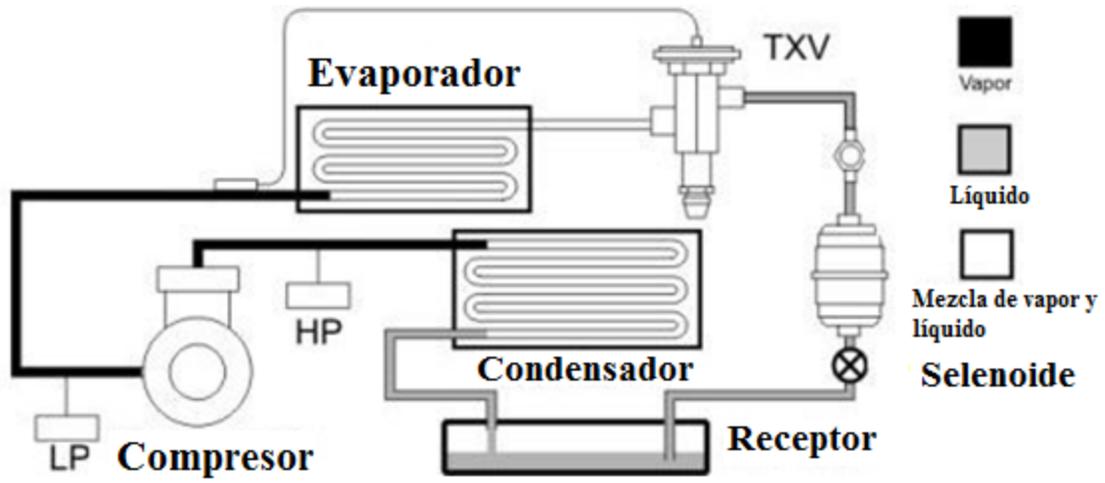


Figura 3. Diagrama de un sistema de refrigeración y sus principales componentes.

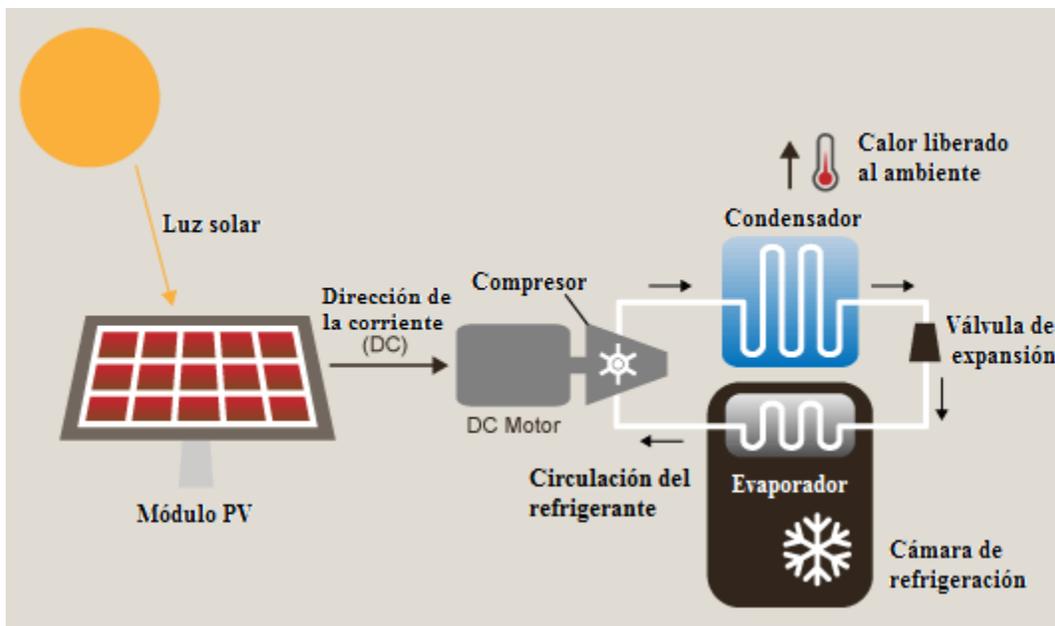


Figura 4. Esquema de un sistema de enfriamiento por compresión de vapor alimentado por energía solar (tipo PV).

## 2.2. Detalles de componentes más relevantes

### 2.2.1. Cámara frigorífica

Una cámara frigorífica para este propósito debe tener en consideración ciertas variables relativas a las características de los productos que va a contener (frutas y hortalizas), los volúmenes a almacenar y la cantidad de energía requerida para su funcionamiento.

La construcción sólida de una cámara frigorífica es en su estructura vertical de hormigón, con una techumbre de acero. A su vez, existen un conjunto de elementos funcionales que se encuentran al interior de la cámara y permiten el funcionamiento del sistema. Para el aislamiento con el medio externo, las cámaras deben fabricarse con pisos y techos con un mínimo nivel de conductividad, con cerramientos verticales contruidos con paneles pre fabricados y barreras anti vapor, que evitan su difusión. Existen varios tipos de puertas para separar las unidades al interior de la cámara, dentro de las cuales se pueden mencionar las de tipo pivotante, correderas, guillotina y basculante. Otros elementos relevantes son el desagüe, la iluminación, ventanas para renovación de aire debido a la respiración de la fruta, y los equipos de inyección de gases, permiten el funcionamiento del sistema de refrigeración.

En su interior, cuenta con cámaras de almacenamiento, y una antecámara refrigerada. Para el almacenamiento de alimentos refrigerados, las cámaras frigoríficas cuentan con cuatro elementos principales: un evaporador, un compresor, un condensador y una válvula de expansión.

El evaporador es un intercambiador de calor que absorbe el calor del medio (interior de la cámara) para enfriarlo. Este es impulsado por un ventilador de circulación forzada de aire.

El compresor es encargado de aspirar el vapor desde el evaporador para que ingrese al condensador.

El condensador extrae el calor al medio refrigerante, el cual fue previamente absorbido por el evaporador.

La válvula de expansión cumple la función de proporcionar la diferencia de presión entre las zonas del circuito de refrigeración con diferencia de presión.

Para mayor información del equipamiento ver anexo 3.

La siguiente tabla, detalla los principales elementos de un sistema de enfriamiento.

Tabla 1. Elementos del sistema de enfriamiento de una cámara frigorífica

Componente	Parámetros para la selección de potencia	Modelos
<b>Evaporador</b>	Principalmente depende del salto de T° requerido (Salto de T°: diferencia entre la T° de condensación y la T° del medio ambiente).	Salto de T° Potencia frigorífica 14 kW      10° Potencia frigorífica 14,2 kW      6° Potencia frigorífica 15,6 kW      4°
<b>Compresor</b>	Para métodos de refrigeración (T°>0°C), es recomendable el de tipo "alta".	Marca Bitzer de 20 CV, modelos 4NCS-20.2Y, 4G-20.2Y y S6H-20.27
<b>Condensador</b>	Depende de la energía calorífica que se debe disipar y el salto de T° requerido.	El funcionamiento de los condensadores está determinado por su potencia. Así: Salto de T° Potencia calorífica 92 kW      15° Potencia calorífica 93 kW      10° Potencia calorífica 95 kW      7°
<b>Válvula de expansión</b>	Su selección depende de la capacidad del evaporador.	Existen variados modelos de válvulas de expansión termostáticas dependiendo de su presión de funcionamiento máxima (2,4 a 7,6 bar), y del rango de T° del evaporador (entre -40 a + 15°C). Marcas Parker, A1 Components, y Danfoss.

El diseño del sistema de refrigeración debe ser acorde a los requerimientos de los productos almacenados, dado que estos experimentan distintos procesos de maduración luego de ser cosechados.

En términos generales las frutas y hortalizas se pueden clasificar en climatéricas y no climatéricas dependiendo de si maduran o no después de cosechadas .

Los productos, luego de ser enfriados en las cámaras de enfriamiento, se disponen en cámaras de almacenamiento donde mantienen la temperatura alcanzada.

En la siguiente tabla, se indica la temperatura de almacenamiento y la duración de hortalizas y frutales que se cultivan en el valle de Chaca.

Tabla 2. Temperatura de almacenamiento y duración en condiciones de frío de los principales cultivos producidos en el valle de Chaca.

Fruta/ Hortaliza	Temperatura de almacenamiento	Duración
Maíz	0°C	4 – 8 días
Tomate maduro	7 – 10°C	4 – 7 días
Melón	2 – 4°C	5 – 15 días
Mango	5°C	30 días
Maracuyá	7 – 10°C	28 días
Pimiento	8 – 9°C	21 días
Ají	5°C	21 días

Los métodos de enfriamiento rápido más utilizados son los de tipo californiano y de túnel vertical. Ambos consisten en cámaras de aproximadamente 8x4 metros de largo por 3 metros de altura, en cuyo interior hay ventiladores y evaporadores. En ambos sistemas el aire ingresa por los costados, pero en el segundo caso este es extraído por rejillas de baja presión ubicadas en el piso.

Para el diseño del sistema de las cámaras -en cuanto a dimensiones y energía requerida- debe considerarse la cantidad de calor que debe ser removida de las cajas de fruta y/o hortalizas, el volumen que ingresa, su tasa de respiración y temperatura de almacenamiento, el calor generado por el propio sistema (ventiladores), y el calor producido por las paredes desde el exterior. Este último elemento es altamente relevante, ya que su capacidad de aislación tiene una alta incidencia en el balance calorífico del sistema.

La cantidad de calor que difunde a través de las paredes depende del volumen de la cámara de frío, de la diferencia de temperatura entre el interior de la cámara y el medio externo, y del tipo de material aislante. Existen varios tipos de materiales para el recubrimiento de las paredes de la cámara, los cuales según su espesor cuentan con distintos coeficientes de transmisión de temperatura (ver anexo 5)

Además del sistema de refrigeración, deben considerarse para un balance óptimo entre el gasto de energía de la cámara y las condiciones en que se almacena la fruta, los distintos elementos de transporte y embalaje. Los elementos comúnmente usados para este propósito son los bins: cajas plásticas de dimensiones 1x1,2x1,95 m; cajas de empaque de cartón de dimensiones variables, y envoltorios plásticos, tales como bolsas o láminas plásticas y generadores de SO<sub>2</sub>, el cual se utiliza para el control de microorganismos.

Las dimensiones y la capacidad del frigorífico se determinaron en función de la demanda del mercado nacional de las frutas y hortalizas producidas en la zona y del potencial productivo que esta tiene. Se tomó como referencia una planta frigorífica estándar <sup>2</sup>. Con estas referencias y conforme a los datos de producción de la localidad y considerando una capacidad del 20% sobre el promedio de la producción de la temporada, se estimó que el frigorífico debiese tener una capacidad de almacenamiento de 5 bins por día, valor con el cual se elaboró el diseño general en cuanto a dimensiones y capacidad. El detalle se muestra en el anexo 5.

Otro de los criterios usados para determinar el almacenamiento y la operación del frigorífico es la capacidad de producción de la zona. Se tomó como referencia la superficie productiva que alcanzaría las 60 hectáreas (DGA 2014), los tipos de cultivos existentes y su superficie y los rendimientos promedio de cada uno de ellos.

<sup>2</sup> Planta frigorífica estándar de las siguientes características: capacidad de embalaje de 2,2 millones de cajas, rendimiento promedio por hectárea de 2.200 cajas (equivalentes a 60 bins aproximadamente), período de cosecha de 10 días para 10 hectáreas (60 bins/ día), se requiere un túnel de pre frío con capacidad para 80 bins (para enfriar de 60 a 72 bins desde temperatura de cosecha a 0°C se requieren aproximadamente 9 horas de funcionamiento continuo de túnel de pre frío) y una cámara de mantención de una capacidad de 600 bins de almacenamiento.

Como se dijo anteriormente, en el valle de Chaca existen alrededor de 60 ha de tomate, maracuyá, mango, melón, pimiento, ají. Si consideramos una distribución equivalente de estos cultivos, es decir de aproximadamente 10 ha de cada uno, podemos inferir que la producción total del valle alcanza a las 2500 ton anuales aproximadamente. Por lo tanto, considerando el ciclo de 15 días de permanencia en el frigorífico y que el período de cosecha equivale a nueve meses, el frigorífico tendría la capacidad de recibir aproximadamente 500 toneladas, lo que equivale al 20% de la producción del valle.

La cosecha de los distintos productos de la zona transcurre desde los meses de mayo hasta enero, y con el fin de determinar la disponibilidad mensual de frutas y hortalizas, se consideró que cada uno de los cultivos se establece en igual superficie. En promedio, el período de cosecha de una unidad de cultivo dura aproximadamente 15 días, por lo cual también se consideró que se disponen de dos ciclos de producción por mes. Conforme a esto, se observa que la mayor disponibilidad de productos ocurre en el mes de diciembre con 70 bins diarios, y la más baja en los meses de marzo y abril con 7,6 bins al día. En promedio de la temporada, se producen 25,4 bins por día (más información en anexo 1).

Se espera que el frigorífico funcione a su máxima capacidad el mayor tiempo posible, con el fin de maximizar la rentabilidad de la inversión realizada. La propuesta contempla que el frigorífico tiene una capacidad de almacenaje de 28 toneladas por ciclo de cosecha (promedio 15 días) lo que equivale al 20% de la producción promedio anual de todo el valle de Chaca .

El frigorífico, además de preservar por más tiempo la fruta permite incorporar sistemas de selección y calibración de los productos con el fin de obtener un producto final con alto valor agregado.

#### Equipos de calibración y packing

Si bien el hecho de contar con fruta en condiciones de temperatura controlada constituye un proceso de agregación de valor que otorga ventajas competitivas, es necesario incorporar otros procesos adicionales en el tratamiento de la fruta, con el fin de cumplir de manera íntegra los requerimientos de los mercados más exigentes. Estos procesos son básicamente dos, la calibración y el packing.

El primero, consiste en seleccionar la fruta de acuerdo a sus dimensiones (longitud, forma y diámetro) para lo cual se utiliza una máquina que puede funcionar con altos niveles de automatización. En cuanto al sistema de packing, este consiste en un proceso orientado a embalar y disponer en cajas o bins la fruta luego de ser calibrada y sanitizada. En el mercado existen distintos modelos de máquinas que permiten llevar a cabo los procesos de calibración y packing, las cuales se incluirán en el apartado de costos del presente informe.

Los requerimientos energéticos de calibración y packing están considerados dentro de los requerimientos energéticos evaluados.

#### **2.2.2. Sistema de alimentación de energía solar para el almacenamiento en frío**

Sinha y Tripathi (2014) señala que según la demanda de energía que requieren las cámaras de frío conforme a su volumen y su diseño de sistema de refrigeración, la manera más eficiente para su funcionamiento puede ser alimentada tanto con fuente solar autónoma, o de manera suplementaria con otras fuentes de electricidad. En general, los sistemas de almacenamiento de alimentos en frío dependiendo de su capacidad tienen una carga eléctrica que va desde los 3 kW hasta los 125 kW. Los parámetros técnicos de estas se detallan en la Tabla 3.

Tabla 3 Parámetros técnicos de los sistemas de almacenamiento en frío conforme a su capacidad.

Capacidad (MT)	Dimensiones (m <sup>3</sup> )	Temperatura (°C)	Carga eléctrica
2 - 3	3,8 x 2,2 x 2,44	0 a 15	3 kW (sin pre frío)
10	6 x 4,6 x 2,43	0 a 15	15 kW (sin pre frío)
5.000	4 x (21 x 16 x 13,7)	-4 a 4	125 kW (sin pre frío)

Fuente: Sinha, V., y Tripathi, A. (2014). *Integrating Renewable Energy to Cold Chain: Prospering Rural India*.

Para la estimación de la demanda de energía eléctrica del frigorífico se tomó como base lo siguiente:

- una temperatura de refrigeración de 0°C,
- una capacidad de almacenamiento de 30 toneladas,
- un tiempo de residencia de los productos de 15 días,
- una capacidad de la cámara de pre-frío de 3 toneladas,
- un tiempo de residencia de los productos en la cámara de pre-frío de 1 día,
- unas dimensiones de la cámara de almacenamiento de 16,67 x 15 x 3 m<sup>3</sup> y de la cámara de pre-frío de 10 x 4 x 3 m<sup>3</sup>,
- que la temperatura de entrada de la fruta y/o hortaliza a la cámara de pre-frío corresponde a la temperatura ambiente de ese día.

Además, el comportamiento térmico del frigorífico se modeló considerando que se comporta de acuerdo al ciclo Rankine inverso (ver Figura 4).

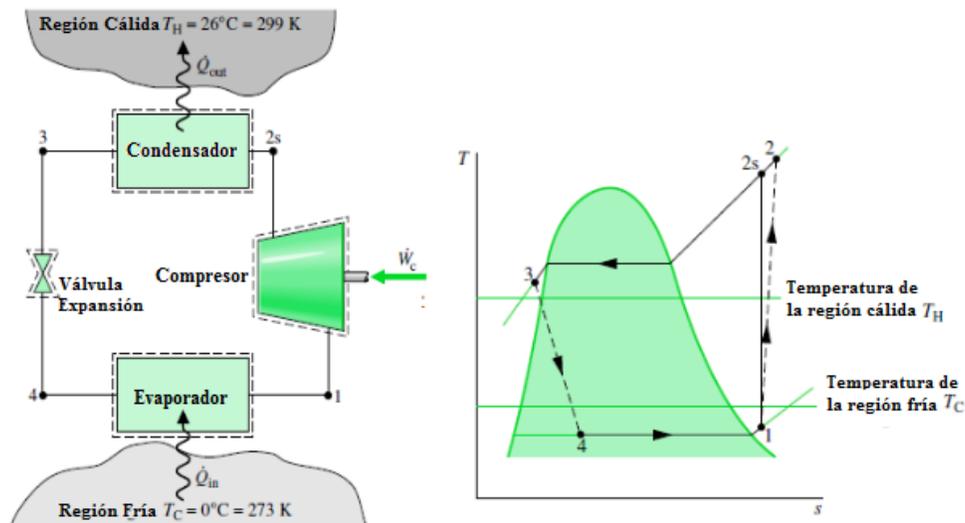


Figura 5. Diagrama de ciclo de refrigeración<sup>3</sup>

En este sistema la potencia eléctrica que requiere el compresor depende directamente de la temperatura ambiente, por lo tanto, considerando la temperatura ambiente promedio de cada mes del año, se puede obtener el consumo eléctrico medio del compresor para cada mes, lo cual se resume en la Figura 5. Aquí se puede observar que el máximo consumo es en el mes de febrero con 13,73 [kW] y el mínimo consumo es en julio con 8,52 [kW]. En el anexo 2 de esta propuesta se presentan los perfiles diarios promedio por mes de la velocidad del viento, la radiación, y la temperatura. Como se puede apreciar en las Figuras A2-2 y A2-3, existe una sinergia natural entre el ciclo solar y el ciclo de enfriamiento utilizado en el frigorífico. En las horas de mayor temperatura en el día se requiere retirar más cantidad de calor del interior del frigorífico para mantener las condiciones de almacenamiento deseadas. Esto produce un incremento en el consumo de energía eléctrica en estas horas. Este incremento en la demanda de energía está acompañado por una mayor disponibilidad de energía solar ya que a estas horas se presenta la máxima radiación diaria

<sup>3</sup> Ministerio del Medio Ambiente. (2014) Datos RETC. [Online]. <http://www.retc.cl/datos-retc/>

en Chaca. Este tipo de sinergias permite reducir el uso del sistema de almacenamiento de energía. De esta forma se extiende su vida útil, se reducen los costos por operación y mantenimiento, y se podría reducir su tamaño logrando una reducción en los costos de inversión inicial.

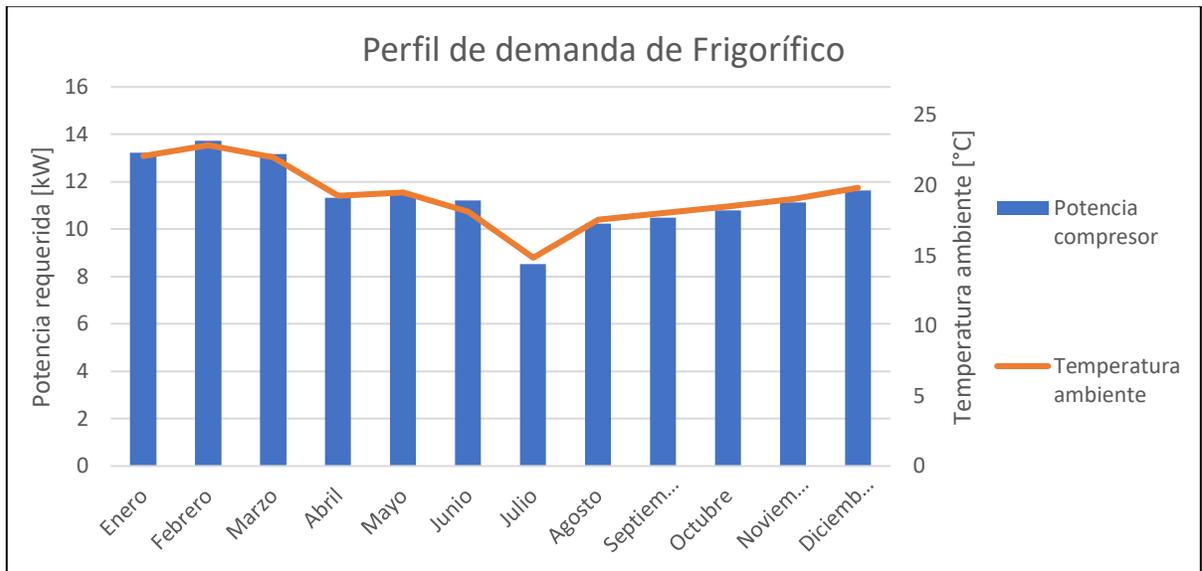


Figura 6. Perfil de demanda mensual el compresor.

Cabe resaltar que el consumo de energía eléctrica mostrado en la Figura 5 no tiene en cuenta el calor específico de la fruta, el calor de respiración de la fruta, calor aportado por renovación de aire (apertura de puertas), calor aportado por personal e iluminación, entre otros. Con el fin de incluir estas variables, se utilizó el modelo que la empresa de equipos de refrigeración Intarcon expone en su página web para facilitar la selección de sus equipos<sup>4</sup>. Los detalles de este modelo se presentan en el Anexo 3. Además, los resultados obtenidos al emplear el modelo Intarcon se muestran en la Figura 6.

A partir de los resultados mostrados en la Figura 6 se procedió a estimar la demanda de energía eléctrica del frigorífico. El procedimiento para hacer esta estimación se describe en el Anexo 3. Con base en esta demanda se procedió a diseñar la micro-red teniendo en cuenta como fuentes de energía generación eólica, solar, diésel y sistema de almacenamiento de energía mediante baterías (ver Tabla 4). Cabe mencionar, que se consideró una política de seguimiento de demanda en la que el generador diésel únicamente aporta energía cuando las fuentes renovables no están en condición de suplir la demanda en su totalidad. Además, los costo para las baterías, se utilizó como referencia la marca Trojan T-1275. Los demás elementos fueron considerados como genéricos y el costo se obtuvo de datos típicos reportados en la literatura. También, se usó como restricción que la micro-red debe satisfacer en plenitud todo el consumo de energía eléctrica del frigorífico, y que el litro de combustible diésel que alimenta los generadores tiene un costo de 1 US\$.

<sup>4</sup> <http://www.intarcon.com/calculadora/calc.html>

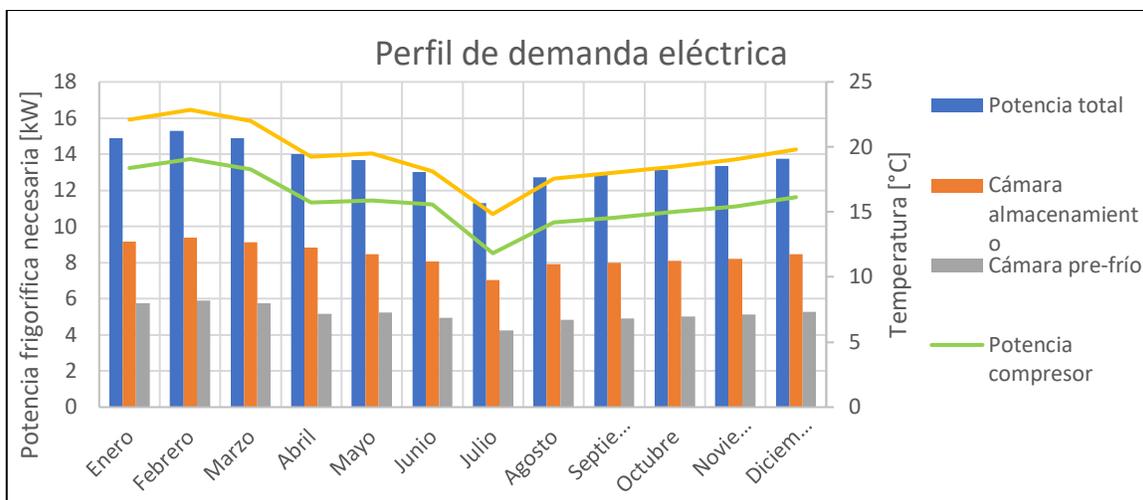


Figura 7. Perfil de demanda eléctrica según modelo Intarcon.

Tabla 4. Tecnologías y rangos de búsqueda de generación eléctrica

Tecnología	Precio	
<b>Diésel</b>	600	USD/kW
<b>Fotovoltaico</b>	4000	USD/kW
<b>Convertor</b>	600	USD/kW
<b>Baterías [unidad]</b>	200	USD/unidad
<b>Eólico</b>	6000	USD/kW

En el contexto anteriormente descrito la micro-red que satisface las necesidades de energía eléctrica del frigorífico está compuesta por: un generador diésel de 15[kW] de potencia nominal, una planta fotovoltaica de 50 [kW], un convertor de 20 [kW], y un arreglo de 104 baterías de plomo ácido. En este caso no se incluyó generación eólica por su bajo aporte energético en comparación con las demás unidades. En esta configuración el 72,22% de la energía es provisto por el sistema fotovoltaico, el restante 27,78% lo aporta el generador diésel. Esto implica un consumo de 12.512 [lts] de combustible al año, una inversión inicial de 241.800 [US\$], y un costo por kWh generado de 0,344 [US\$]. La tabla 5 resume los resultados del diseño de la micro-red. Algunas opciones tecnológicas para la implementación de la micro-red se presentan en el Anexo 4.

Tabla 5. Resultado de la simulación.

Chaca - 1 usd/lt			
	Potencia [kW]	Cantidad	Costo [USD] [Enero 2018]
<b>PV</b>	50		200000
<b>Baterías [kWh]</b>	187,20	104	20800
<b>Convertor BESS 700 V</b>	20	1	12000
<b>Generador</b>	15	1	9000
<b>Total</b>	769		241800

### 2.3. Evaluación de costos

Con el fin de estimar la factibilidad económica de un frigorífico de frutas y hortalizas en el Valle de Chaca se elaboró un análisis de los principales costos de inversión y operación, así como una proyección de los ingresos y los principales indicadores económicos.

Cabe señalar que debido a la latitud en que se ubica el Valle de Chaca, esta cuenta con un período de cosecha adelantado en relación a las principales zonas productivas que abastecen a los mercados de destino más importantes del país (como por ejemplo Santiago) lo que significa que, debido a la disminución de la oferta, sus productos ven incrementado su precio. Se estimó un aumento del 14% en promedio<sup>5</sup>.

Dada la dinámica de precios de los productos mostrados por los destinos de mayor interés, la cual se ve acentuada de manera clara en el período de cosecha en el Valle de Chaca, es que es posible inferir que existe un nivel de demanda capaz de absorber un mayor nivel de producción, en especial debido al bajo volumen que representa la producción del Valle de Chaca.

Cabe señalar, que los precios de las frutas y hortalizas como las producidas en esta zona pueden incrementarse hasta por sobre el 100% de su valor dependiendo de la región donde son comercializadas, tal como se pudo constatar con datos de ODEPA (2016). Para más detalles ver anexo 6.

Conforme a las dimensiones indicadas, se pudo establecer el costo total de la infraestructura física, la cual como lo indica el SII, corresponde a una construcción de tipo BA (Estructura vertical de hormigón y techumbre de acero), de \$113.165 por m<sup>2</sup>. Adicionalmente, se deben considerar dos sistemas de enfriamiento, uno para el túnel y otro para la cámara de almacenamiento.

Se debe considerar como parte de la inversión inicial una máquina calibradora de fruta y un sistema de packing (lavado, envasado y paletizado, principalmente). A continuación, se muestra la inversión del proyecto.

Tabla 6. Inversión.

I.- INVERSIÓN			
ÍTEM	Precio Unitario en \$	Cantidad	Costo Total en \$ (*) (***)
<b>OBRAS (CONSTRUCCIÓN, HABILITACIÓN, AMPLIACIÓN REMODELACIÓN, ETC)</b>			<b>163.391.425</b>
Infraestructura (túnel de enfriamiento, cámara almacenamiento, antecámara, área circulación)	113.165	245	27.725.425
Aislante	23.800	70	1.666.000

<sup>5</sup> Esta variación corresponde al incremento promedio producido por la estacionalidad (período de mayor producción – período de producción en la Región de Arica y Parinacota), no al tipo de mercado. Cabe señalar que los precios con que fue evaluado el proyecto consideraron la época de cosecha de la región de Arica y Parinacota, a modo de referencia. Esta variación se calculó en base a datos de precio informados por ODEPA, teniendo como referencia los precios al productor de las principales plazas de venta de las frutas y hortalizas originarias de la zona, como el Mercado Mayorista Lo Valledor de Santiago y Agrícola del Norte S.A. de Arica. En este análisis de precio se consideraron el tomate, mango, melón, maracuyá, pimientos y ajíes, los cuales son los productos más representativos de la zona, y que cuentan además con características técnicas para ser almacenadas en frío. En la región también se cultiva maíz y locoto, sin embargo, no fueron considerados para el diseño del frigorífico por tener condiciones de almacenamiento disímiles al resto de la fruta y porque se produce en muy bajos volúmenes.

Sistema fotovoltaico (PV)	134.000.000	1	134.000.000
<b>EQUIPOS</b>			<b>49.306.000</b>
Conversor	8.040.000	1	8.040.000
Generador diésel	6.030.000	1	6.030.000
Baterías de plomo ácido	134.000	104	13.936.000
Sistema de packing (lavadora con ventilador + envasadora horizontal)	3.500.000	1	3.500.000
Pallets, bins, bandejas, otros para embalar	2.800.000	1	2.800.000
Máquina calibradora	4.000.000	1	4.000.000
Equipamiento (ropa de seguridad, herramientas)	500.000	2	1.000.000
Grúa horquilla	6.000.000	1	6.000.000
Elevador de pallets	2.000.000	2	4.000.000
<b>ASESORÍAS PUESTA EN MARCHA (PERSONAL DISTINTO AL EQUIPO AYLLU SOLAR)</b>			<b>2.000.000</b>
Asesorías especialidades	2.000.000	1	2.000.000
Gestiones administrativas para constitución de "sociedad frigorífico"	1.000.000	1	1.000.000
<b>COSTOS DE TERRENO</b>			<b>2.500.000</b>
Terreno	2.500.000	1	2.500.000
<b>OTRAS INVERSIONES/GASTOS DE PUESTA EN MARCHA</b>			<b>6.000.000</b>
Otros gastos (permisos sanitarios, patentes, administrativos)	6.000.000	1	6.000.000
<b>TOTAL DE COSTO DE INVERSIÓN</b>			<b>223.197.425</b>
(*) El costo total de cada ítem de inversión debe considerar impuestos, internación al país si corresponde, traslado, instalación, puesta en marcha, etc. (**) Se debe incluir un monto único, sólo si el proveedor incluye obras y equipos que permitan generar un sistema en conjunto. Caso contrario, debe separarse el costo de inversión del costo de equipos (***) Los valores de inversión en Pesos, EURO, Dólar u otro, debe considerarse al 15 de abril de 2016 incluyendo un 10% adicional por concepto de fecha de inversión <sup>6</sup> .			

En cuanto a los costos fijos, se consideró además del agua y la energía, cinco operarios encargados de la operación y mantención del frigorífico, paletizado, y packing y un administrador.

Con el fin de determinar los costos variables y los ingresos por venta del frigorífico se propone un esquema de negocio que funcionará de la siguiente manera: la "empresa" frigorífico compra a los productores frutas y hortalizas a un precio de mercado<sup>7</sup> equivalente a fruta en condiciones de campo (situación sin proyecto) para luego venderlas –a supermercados de alta gama y exportación- como un nuevo producto con un alto valor agregado (fruta seleccionada, sanitizada, envasada y refrigerada, situación con proyecto). De esta manera, se puede identificar de manera real su rentabilidad.

Este modelo es independiente de quienes sean los dueños del frigorífico y hacia donde estén destinadas sus utilidades. Por ejemplo, los dueños podrían ser los mismos agricultores organizados en una asociación o cooperativa, o bien un dueño en particular. Estos detalles se definirán una vez que el proyecto sea seleccionado, sin embargo, la planilla de costos considera este ítem como Gestiones administrativas para constitución de la "sociedad frigorífico".

<sup>6</sup> Recordar que este proyecto fue enviado el 2015 para ser ejecutado el 2016, para para llevar estos valores a montos actuales, se debería utilizar el cambio del 2020 para el Euro y Dólar

<sup>7</sup> Para estimar el precio de mercado se toma como referencia los mercados de Arica y Lo Valledor en Santiago, que es donde venden actualmente los productores.

La siguiente tabla muestra los costos del proyecto.

Tabla 7. Costos anuales asociados a la operación del proyecto.

<b>B.- DATOS DE COSTOS (CONSIDERAR ITEMS DE ACUERDO A LA ESTRUCTURA DE COSTOS DEL PROYECTO)</b>				
<b>ÍTEM</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Unidad</b>	<b>Costo promedio por unidad (*)</b>	<b>Costo total anual por ítem</b>
<b>Tomate</b>	600	Toneladas	170.944	102.566.400
<b>Maracuyá</b>	90	Toneladas	1.740.000	156.600.000
<b>Mango</b>	48	Toneladas	1.018.750	48.900.000
<b>Melón</b>	360	Toneladas	313.888	112.999.680
<b>Pimientos</b>	288	Toneladas	342.111	98.527.968
<b>Ají</b>	120	Toneladas	732.333	87.879.960
<b>Mano de obra</b>	5	Operarios	250.000	1.250.000
<b>Administración</b>	2	Administrador, Contador	800.000	19.200.000
<b>Otros administrativos (incluye comercialización)</b>				4.000.000
<b>Otros costos (agua, telefonía, internet, vehículos)</b>				3.000.000
<b>Fletes (arriendo de camión frigorífico de 25 ton de Arica a Santiago)</b>	1	Camión de 25 Ton de capacidad	1.400.000	84.336.000
<b>Mantenimiento del sistema fotovoltaico (*implica 2% del costo de inversión)</b>	12			2.680.000
<b>Costos de operación y mantenimiento del frigorífico (*implica 5% de costo de inversión)</b>	12			1.469.571
<b>COSTOS TOTALES ANUALES</b>				<b>723.409.579</b>
<b>(*) este es el precio de venta de los productos desde el productor al frigorífico, lo que equivale a los costos del frigorífico</b>				

De manera adicional, y con el fin de maximizar las utilidades del frigorífico una vez estando operativo, se sugiere que éste funcione bajo el mismo esquema de compra, independiente de quienes sean sus propietarios. Esto, debido a que mantiene el incentivo a los agricultores a producir frutas y hortalizas de buena calidad, o incluso podría incrementarlo, si es que este es parte del patrimonio de los productores en una forma de tipo sociedad por acciones o similar, dado que las utilidades que el frigorífico generaría irían en su directo beneficio.

De este modo se tomaron como referencia los precios de la fruta en las principales plazas de venta (Principalmente Mercado Mayorista Lo Valledor de Santiago y Agrícola del Norte S.A. de Arica). Para los ingresos se consideraron los precios FOB y precios de compra de supermercados de alta gama de los mismos productos. De manera estimativa, y teniendo como referencia datos aportados por ODEPA, la diferencia de precios entre los mercados mayoristas locales y los de alto valor agregado mencionados es cercana al 80%.

En las siguientes tablas se detallan el flujo monetario y los indicadores económicos del proyecto:

Tabla 8. Inversiones asociadas a la construcción y funcionamiento del frigorífico.

C.- FLUJOS MONETARIOS						
Ítem	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5	Año 6
<b>Total ingresos</b>		1.093.453.214	1.093.453.214	1.093.453.214	1.093.453.214	1.093.453.214
<b>Costos totales anuales</b>		723.409.579	748.728.915	774.934.427	802.057.131	830.129.131
<b>INGRESOS NETOS</b>		370.043.635	344.724.300	318.518.788	291.396.083	263.324.083
<b>INVERSIONES</b>	223.197.425					
<b>VALOR DEL RESCATE (***) (***)</b>						92.480.713
<b>FLUJO NETO</b>	-223.197.425	<b>370.043.635</b>	<b>344.724.300</b>	<b>318.518.788</b>	<b>291.396.083</b>	<b>263.324.083</b>

(\*) En el ejemplo, los ingresos primeros ingresos se obtendrá al final del año 2, teniendo un costo de operación y mantención por todo el año.

(\*\*) A los costos de operación, se les sugiere considerar un 3,5% de incremento anual por efecto de inflación.

(\*\*\*) El Valor de rescate, es el valor estimado de las instalaciones (Inversión) al final del sexto año. Esto depende de la vida útil de los bienes. Se deja como posible estimación un 30% de la inversión. Otra opción es como en el ejemplo, definir la vida útil de la inversión por ítem, luego calcular la proporción que resta por usar luego de cinco años de uso, como es el caso.

(\*\*\*\*) El valor de rescate se considera en el ejemplo según la vida útil incorporada en el ítem I.- Inversiones

Tabla 9. Indicadores económicos del proyecto

III.- INDICADORES ECONÓMICOS						
ITEM	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5	Año 6
<b>INGRESOS</b>		1.093.453.214	1.093.453.214	1.093.453.214	1.093.453.214	1.093.453.214
<b>COSTOS</b>		723.409.579	748.728.915	774.934.427	802.057.131	830.129.131
<b>INVERSIÓN</b>	223.197.425					
<b>VALOR DE RESCATE</b>						92.480.713
<b>FLUJO ANUAL CON VALOR DE RESCATE</b>	-223.197.425	<b>370.043.635</b>	<b>344.724.300</b>	<b>318.518.788</b>	<b>291.396.083</b>	<b>355.804.796</b>
<b>FLUJO ANUAL ACUMULADO</b>	-223.197.425	<b>146.846.210</b>	<b>491.570.510</b>	<b>810.089.298</b>	<b>1.101.485.381</b>	<b>1.457.290.177</b>
<b>FLUJO ANUAL SIN VALOR DE RESCATE</b>	-223.197.425	<b>146.846.210</b>	<b>491.570.510</b>	<b>810.089.298</b>	<b>1.101.485.381</b>	<b>1.364.809.464</b>

#### 2.4. Análisis de impacto económico

Conforme a los datos presentados en el apartado anterior se llevó a cabo una evaluación del proyecto estimándose así una TIR del 152%, un período de recuperación de la inversión de 2 años, y un VAN (descontado al 10%) con inversión de \$1.057.364.105 en un horizonte de 6 años, incluido un año de instalación. En este sentido, es posible señalar que el proyecto es altamente rentable y que la inversión es posible de ser recuperada en un período breve de tiempo.

Otro elemento a considerar es que la puesta en marcha del frigorífico significa un elemento de agregación de valor tanto en los productos (frutas y hortalizas) como en la cadena de producción, prestando un servicio de almacenamiento en frío para productos agrícolas en la actualidad inexistente en la zona.

Adicionalmente, se llevó a cabo un análisis de sensibilidad del flujo, para lo cual se consideraron variaciones en la producción y en el precio, que entregó los siguientes resultados:

- Con una producción de sólo el 80% y un precio que baja de 180%<sup>8</sup> al 130%, hay saldos negativos, los cuales no permiten cubrir la inversión ni tener utilidades anualmente.

Tabla 10. Sensibilización del proyecto, con una disminución al 80% de la producción y al 130% del precio estimado.

III.- INDICADORES ECONÓMICOS						
ÍTEM	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5	Año 6
INGRESOS		631.772.968	631.772.968	631.772.968	631.772.968	631.772.968
COSTOS		723.409.579	748.728.915	774.934.427	802.057.131	830.129.131
INVERSIÓN	223.197.425					
VALOR DE RESCATE						87.613.307
FLUJO ANUAL CON VALOR DE RESCATE	-223.197.425	-91.636.611	-116.955.946	-143.161.458	-170.284.163	-110.742.856
FLUJO ANUAL ACUMULADO	-223.197.425	-314.834.036	-431.789.982	-574.951.440	-745.235.603	-855.978.460
FLUJO ANUAL SIN VALOR DE RESCATE	-223.197.425	-314.834.036	-431.789.982	-574.951.440	-745.235.603	-943.591.766

- Con una producción de sólo el 80%, y un precio que baja de 180% al 167,34 %, hay saldos que permiten cubrir la inversión.

Tabla 11. Sensibilización del proyecto, con una disminución al 80% de la producción y al 167,34% del precio estimado.

III.- INDICADORES ECONÓMICOS						
ÍTEM	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5	Año 6
INGRESOS		814.712.745	814.712.745	814.712.745	814.712.745	814.712.745
COSTOS		723.409.579	748.728.915	774.934.427	802.057.131	830.129.131
INVERSIÓN	223.197.425					
VALOR DE RESCATE						91.323.681
FLUJO ANUAL CON VALOR DE RESCATE	-223.197.425	91.303.166	65.983.831	39.778.319	12.655.614	75.907.296
FLUJO ANUAL ACUMULADO	-223.197.425	-131.894.259	-65.910.428	-26.132.109	-13.476.496	62.430.800
FLUJO ANUAL SIN VALOR DE RESCATE	-223.197.425	-131.894.259	-65.910.428	-26.132.109	-13.476.496	-28.892.881

- Con una producción de sólo el 85%, y un precio que baja de 180% al 157,81 %, hay saldos que permiten cubrir la inversión, los que de mantenerse en un horizonte de tiempo mayor generarían saldos positivos para el proyecto.

Tabla 12. Sensibilización del proyecto, con una disminución al 85% de la producción y al 157,81% del precio estimado.

<sup>8</sup> Cabe señalar, que se consideró una diferencia de un 80% entre el precio de compra de las frutas y hortalizas y el de su venta por parte del frigorífico, luego de ser procesadas.

III.- INDICADORES ECONÓMICOS						
ÍTEM	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5	Año 6
INGRESOS		814.866.960	814.866.960	814.866.960	814.866.960	814.866.960
COSTOS		723.409.579	748.728.915	774.934.427	802.057.131	830.129.131
INVERSIÓN	223.197.425					
VALOR DE RESCATE						90.382.190
FLUJO ANUAL CON VALOR DE RESCATE	-223.197.425	91.457.381	66.138.045	39.932.533	12.809.828	75.120.019
FLUJO ANUAL ACUMULADO	-223.197.425	-131.740.044	-65.601.999	-25.669.466	-12.859.637	62.260.382
FLUJO ANUAL SIN VALOR DE RESCATE	-223.197.425	-131.740.044	-65.601.999	-25.669.466	-12.859.637	-28.121.809

Conforme a los resultados obtenidos en el análisis de sensibilidad, se puede observar que el flujo es más sensible a bajas en la producción que en las de precio. En este sentido, puede señalarse que el proyecto es capaz de generar saldos positivos en un escenario donde la producción disminuye a un 80% y el precio a un 167,34% bajo lo esperado (escenario más sensible con saldo positivo).

### 3. DIAGNÓSTICO SOCIO-CULTURAL

#### 3.1. Descripción de aspectos relevantes de la comunidad

##### 3.1.1. Organización y cohesión social

El valle de Chaca posee una historia de vocación agrícola que es posible rastrear desde la guerra del pacífico, donde era reconocido como un valle productor de vides que abastecía de vino y agua ardiente a las tropas, rol que continuó cumpliendo posteriormente hacia la pampa salitrera. Durante el siglo XX el valle fue afectado por varias sequías, que, al compás del crecimiento urbano de la ciudad de Arica, fueron tensionando la progresiva migración de los habitantes de Chaca hacia la ciudad. Desde los años 90' en adelante, Chaca experimenta un proceso de reactivación productiva asociada a la llegada de nuevos parceleros provenientes de Azapa y del sur.

La ascendencia Aymara, institucionalizada mediante la filiación a la comunidad indígena constituye un factor que integra a una parte importante de la población del Valle, lo cual se relaciona en gran medida con la posibilidad de acceder a beneficios de la CONADI<sup>9</sup> para la agricultura.

La Junta de Vecinos es la organización que posee más socios en el valle, se presenta como una organización legitimada por la comunidad y con capacidad de convocatoria. Sin embargo, la participación de los vecinos es de carácter pasiva, de manera que la gestión descansa principalmente en sus dirigentes.

La Comunidad Indígena tiene 30 socios, (de un total de 200 personas aproximadamente que viven de forma permanente en el valle de Chaca) y se dedica principalmente a entregar beneficios asociados a la agricultura (profundización de pozos, saneamiento de títulos, canalizaciones, etc.).

Las comunidades de agua no constituyen organizaciones influyentes en el valle, lo cual responde básicamente a dos razones: en primer lugar, el río abastece de aguas superficiales por un breve periodo durante el año, generando una alta dependencia a la extracción de agua de pozo para el riego de los cultivos. En segundo lugar, no existe un canal matriz compartido por los parceleros, sino

<sup>9</sup> CONADI: Corporación Nacional de Desarrollo Indígena.

que existen nueve canales pequeños que van directamente desde la bocatoma del río hacia los predios, de manera que si bien hay comunidades de agua (una para cada canal), cada una de ellas no logra agrupar a más de tres personas.

Las principales instancias de participación en la localidad corresponden a las reuniones desarrolladas por las organizaciones sociales tales como la Junta de Vecinos, la Comunidad Indígena y otras reuniones extraordinarias que se convocan para tratar temas puntuales, por ejemplo: la elección de los representantes para la conformación de la Junta de Vigilancia.

Las fiestas constituyen una instancia de encuentro para la comunidad: Carnavales, Cruz de Mayo, Santo Patrono (San Isidro) y las fiestas patrias de Chile. Por lo general la organización de estas fiestas recae sobre la Junta de Vecinos y se hace con la cooperación voluntaria de los vecinos. A esto se suma, en el último tiempo, las fiestas nacionales de Perú y Bolivia, las que son organizadas por trabajadores provenientes de dichos países.

### 3.1.2. Relación con otros territorios

Con la ciudad de Arica existe una relación de dependencia en materia de servicios, principalmente por las organizaciones del Estado que se encuentran solamente en esa ciudad -a nivel comunal y regional-. Paralelamente, hay algunos agricultores del Valle que viven en la ciudad de Arica, pernoctando en el Valle solo durante algunos fines de semana.

La articulación con otras localidades se ve influida porque actualmente se está intentando conformar una Junta de Vigilancia de la cuenca, la que agruparía a Codpa, Chaca y Vítor. Esta iniciativa se encuentra actualmente en proceso y ha enfrentado importantes dificultades.

Las fiestas tradicionales constituyen instancias de encuentro donde participan personas de otras localidades, pero principalmente se establecerían los vínculos a partir de relaciones entre familiares y amigos. En los últimos años la municipalidad ha impulsado el desarrollo de una feria costumbrista, con el objetivo de potenciar a la localidad de Chaca. Sin embargo, existen distintas visiones en torno a sus resultados, ya que mientras algunos entrevistados valoran positivamente la instancia, otros señalan una serie de críticas principalmente orientadas a la ausencia de preocupación por las condiciones que exige una actividad de este tipo.

Una importante instancia que reúne a personas de distintas localidades es el campeonato de fútbol. Si bien en Chaca la organización del Club Deportivo se encuentra con escasa actividad, aún participan de un campeonato que se realiza entre las distintas localidades interiores, llamado “el campeonato de los campos”.

En lo que refiere a la presencia de organismos de Estado en la localidad, se destacan aquellos asociados a la entrega de beneficios para la agricultura. De manera que es posible identificar una alta presencia de INDAP<sup>10</sup> y CNR<sup>11</sup>, servicios con los cuales varios agricultores trabajan de forma regular para el acceso a créditos y beneficios (a través de proyectos específicos). A nivel del gobierno regional, varios entrevistados señalan que existe una relación relativamente cercana con la Intendencia, pero que depende sustantivamente de la persona designada por el gobierno de turno. En cuanto al municipio de Arica, la relación con la localidad de Chaca se presenta como un vínculo esporádico y altamente asimétrico, en este sentido los habitantes de Chaca manifiestan una percepción de abandono respecto a la Municipalidad.

Finalmente, debido a la presencia de una comunidad Aymara en Chaca, la CONADI constituye otro servicio público con una alta presencia. Sin embargo, su función se abocaría principalmente a otorgar

---

<sup>10</sup> Instituto de Desarrollo Agropecuario.

<sup>11</sup> Comisión Nacional de Riego.

beneficios asociados a la actividad agrícola (bombas, construcción de estanques, profundización de pozos, saneamiento de títulos de dominios de pozos, canalizaciones, etc.).

### **3.1.3. Experiencias colaborativas anteriores**

En general los entrevistados señalan que las experiencias de carácter colaborativo son bastante limitadas. Una de ellas corresponde a un proyecto desarrollado con el apoyo de la CONADI para la construcción de canales y otro para la regularización de los títulos de los pozos para la comunidad indígena de Chaca (7 pozos en total). El financiamiento alcanza los 50 millones. Este proyecto se encuentra en curso.

Otra práctica de trabajo colaborativo en la localidad corresponde a la limpieza de canales, la que se realiza una vez al año. Si bien es una actividad asociativa, en el caso de Chaca es acotada, debido a la escasez de agua superficial y por ende el poco tiempo de uso anual que reciben los canales. Por otra parte, no existe un canal matriz, sino que varios canales pequeños que van directamente desde el río a los predios, por lo tanto, la limpieza suele ser una tarea sencilla que no agrupa a más de tres personas donde cada cual limpia la porción del canal que pasa por su predio.

También es posible identificar una experiencia colaborativa asociada a la reconstrucción de la iglesia católica del pueblo después del terremoto. En esta ocasión habría sido la Junta de Vecinos quien habría coordinado el trabajo conjunto de la comunidad.

Finalmente, una importante iniciativa de carácter asociativo que no fue exitosa se relaciona con la instalación de un Comité de Agua Potable Rural (APR). Al parecer tuvieron problemas en la definición de requisitos de operación y precios. Este comité no funcionó durante un tiempo y ahora existirían intentos por reactivarlo.

### **3.1.4. Potencial de desarrollo productivo**

La vocación productiva del valle de Chaca es Agrícola. La mayoría de sus habitantes son pequeños agricultores, entre ellos hay propietarios, arrendatarios y también es posible encontrar a trabajadores extranjeros que trabajan de forma asalariada o bien como medieros.

En cuanto a los tipos de cultivos, de acuerdo al relato de varios agricultores, antes el valle era una zona porotera (poroto verde y granado) pero actualmente se han ido imponiendo otros tipos de cultivos tales como el pimiento morrón, tomate, pepino de ensalada, melones, sandías.

En general no es posible identificar emprendimientos con un impacto importante en el valle. El único emprendimiento que aparece se orienta a un rubro distinto al de la agricultura y corresponde a un criadero de gallinas ponedoras. El dueño de este criadero, un agricultor del valle, señala que decidió incursionar en este negocio como respuesta ante el problema de las limitaciones del agua para el riego.

En cuanto al interés por generar nuevos negocios o desarrollar nuevos productos, el relato predominante entre los entrevistados es que la gente del valle no posee mayor interés por innovar, lo cual se relaciona principalmente con que la mayoría son pequeños agricultores y por ende poseen una alta aversión al riesgo. Sin embargo, en la medida que un emprendimiento productivo comienza a generarles certezas en cuanto a su funcionamiento, aparece el interés del resto de la comunidad y la disposición a incursionar con nuevos productos o negocios.

Otras limitaciones identificadas por los entrevistados para el desarrollo de emprendimientos o para incorporar innovaciones en sus desarrollos productivos, se relacionan con las dificultades de acceso a la información de parte de los agricultores, por lo que se perderían beneficios y oportunidades. Finalmente, una limitante central en esta localidad se relaciona con las dificultades de contar con agua suficiente para el riego, la falta de electricidad y agua potable, constituyéndose en los principales obstáculos para emprender nuevos negocios en Chaca.

Las instituciones que posee mayor presencia en relación al apoyo productivo son INDAP, CNR y CONADI. Sin embargo, se identifica que con estas organizaciones se establece una relación de carácter asistencial basada en el subsidio a mejoramientos de infraestructura para la agricultura, y entrega de créditos (en el caso de INDAP).

### 3.2. Análisis crítico

A partir de las dimensiones descritas anteriormente es posible identificar algunos aspectos críticos – fortalezas y debilidades- que deben ser considerados para la posible implementación del proyecto de referencia en el Valle de Chaca.

Tabla 13. Identificación de los aspectos críticos –fortalezas y debilidades del proyecto de referencia del Valle de Chaca.

Dimensión	Fortalezas	Debilidades
Condiciones organizacionales y de tejido social para el involucramiento en el proyecto	La Junta de Vecinos y la Comunidad Indígena son instituciones reconocidas por los habitantes de Chaca. Además, existen algunos dirigentes que son legitimados como líderes.	La participación en las organizaciones es de carácter pasiva y descansa en gran medida en las características de sus dirigentes.
Posibilidades de vinculación con otras localidades	Existe una identidad productiva compartida con Caleta Vítor el cual es un valle agrícola de reciente constitución. Al colegio de Chaca llegan estudiantes de otras localidades (principalmente Vítor).	Existen conflictos con dirigentes de otras localidades del valle por competencia en torno al agua. No se identifican redes con otras localidades en el ámbito productivo.
Experiencias para la gestión colectiva de proyectos	Existen algunas experiencias asociativas relacionadas con proyectos de la CONADI. Por otra parte, existe la experiencia exitosa de reconstrucción de la Iglesia del pueblo a partir de un trabajo colectivo dirigido por la JJVV.	A nivel productivo, existe un relato hegemónico que privilegia las estrategias individuales por sobre las colectivas. Este relato se relaciona con experiencias fallidas de asociatividad (APR) y desconfianza en torno a emprendimientos que requieran actuar colectivamente. La mayor parte de las iniciativas colectivas que han sido exitosas han sido apoyadas por organismos externos.
Condiciones de vinculación del sector productivo hacia aplicaciones solares	Existe una experiencia exitosa de uso de energía solar en la escuela de Chaca. La escasez del recurso hídrico y energético, genera un escenario favorable para instalar un proyecto de energía solar vinculado a agricultura.	Dado que la mayor parte de los productores son pequeños agricultores, tienen dificultades para realizar inversiones en el largo plazo. Se identifica además cierta resistencia a la innovación y el emprendimiento.
Condiciones de la localidad para la sustentabilidad del proyecto en el largo plazo	En Chaca existe cierta homogeneidad en la vocación productiva y consenso en torno a las dificultades que se podrían abordar con la electrificación.	Es posible identificar una cultura asistencialista instalada en la relación con los servicios públicos.
Dimensión	Fortalezas	Debilidades
Condiciones organizacionales y de tejido social para el involucramiento en el proyecto	Existencia de organizaciones sociales locales (Junta de Vecinos y Agrupación de Comerciantes) en proceso de reactivación. Liderazgos claros y con proyección.	Existe una baja representatividad de las organizaciones sociales, enfrentando serias dificultades para involucrar a los habitantes en las instancias de participación. Se evidencia desconfianza entre las personas de la comunidad, hacia diversas instituciones (municipio, organizaciones del Estado) y hacia proyectos que involucren asociatividad entre los habitantes.

<p><b>Posibilidades de vinculación con otras localidades</b></p>	<p>Se visualiza la posibilidad de potenciar la vinculación con Caleta Camarones, gracias a su cercanía, la existencia de relaciones familiares y las posibilidades de desarrollar actividad turística en el futuro (Momias Chinchorro).</p>	<p>No se identifican relaciones constantes y fuertes con otras localidades de la comuna salvo en instancias particulares mediadas por instituciones externas, especialmente el municipio.</p>
<p><b>Experiencias para la gestión colectiva de proyectos</b></p>	<p>Se identifica una experiencia exitosa de coordinación y acción colectiva que se relaciona con un conflicto por suministro eléctrico. Se identifica oportunidad singular con el sindicato de pescadores con los que el grupo de TSA posee una experiencia de varios años y lazos de confianza y forma de coordinación establecidos con la UTA.</p>	<p>Se identifica una importante experiencia fallida de organización social en torno a la gestión del agua. Las pocas experiencias con resultados colectivos positivos han sido gestionadas de forma externa a la comunidad.</p>
<p><b>Condiciones de vinculación del sector productivo hacia aplicaciones solares</b></p>	<p>Existe un nicho productivo actual (comercio) que precisa ampliar sus capacidades energéticas. Existen posibilidades de desarrollo productivo en torno al turismo que requieren de energía.</p>	<p>Se observa resistencia a la innovación, sobre todo de carácter asociativo. En este contexto se evidencia que una parte importante de la comunidad local privilegia el mantenimiento de sus negocios tradicionales e individuales.</p>
<p><b>Condiciones de la localidad para la sustentabilidad del proyecto en el largo plazo</b></p>	<p>La posibilidad de impulsar el turismo relacionado con las Momias Chinchorro podría facilitar un desarrollo local a partir de la vocación comercial de la localidad.</p>	<p>La población es escasa y con pocos elementos culturales integradores. Además, a partir del análisis que realizan los propios habitantes del lugar, el interés económico individual relacionado con la vocación comercial de la localidad limitaría las posibilidades de actuar colaborativamente.</p>

El diagnóstico focalizado realizado en el Valle de Chaca permite identificar elementos importantes que facilitarían el trabajo con esta localidad. La existencia de organizaciones sociales y dirigentes reconocidos, la presencia de energía solar en la comunidad, sumado a la identificación clara de los requerimientos para lograr un impulso productivo en el valle, serían los elementos más importantes.

Por otra parte, se identifican también elementos críticos que deberán ser considerados para trabajar con esta comunidad, como los limitados vínculos con otras localidades y aspectos culturales como la pasividad y resistencia a la innovación.

## 4. FORMACIÓN DE CAPITAL HUMANO

### 4.1. Propuesta Formativa

La propuesta formativa busca promover el uso de energía solar en pequeños agricultores de forma comunitaria para aumentar la competitividad y disminuir la huella de carbono de los procesos. Y de forma complementaria promover el uso de energía solar para refrigeración a pequeña y mediana escala.

### 4.2. ¿Cuáles son las temáticas y actividades propuestas?

Para resaltar la producción de baja huella de carbono de productos fuera de temporada, se realizan actividades que permiten la formación de capital en aspectos, técnicos, modelos de negocios, y de huella de carbono.

a) Formación de Capital Humano: Este centro estará conectado al proyecto de referencia a través de una membrana de vidrio que permita ver las instalaciones del frigorífico, y el sistema de packing y selección de frutas, sin perder temperatura de estos. Este centro será alimentado por energía solar y además de funcionar como vitrina, se contará con un frigorífico a pequeña escala que tendrá una muestra de todos los productos que se comercialicen, un stand de difusión de huella de carbono el cual permite concientizar a los visitantes de cómo la energía solar juega un rol protagónico en la reducción de la huella de carbono, aumentando el valor del producto.

Para lograr posicionar el uso de estas tecnologías en otros sectores agrícolas se contará un sistema de control de calidad y monitoreo para demostrar los beneficios de este sistema en cuanto a costos asociados al gasto energético, al valor agregado que se le otorga al producto y a la capacidad de comercializar productos fuera de temporada, evaluar la capacidad del sistema para contar con una planta de producción de pulpa congelada. En este sentido cobra vital importancia incorporar carreras relacionadas a la agricultura y al diseño de modelo de negocios, invitando a estudiantes de las carreras de agricultura e ingeniería a realizar prácticas profesionales con estas temáticas.

Para difundir el proyecto en otras localidades se realizará una Jornada para ganaderos y agricultores de la zona. Parte elemental de esta jornada será la presentación del modelo de gestión definido por parte de la comunidad de Chaca, donde los líderes locales (formados en el programa de liderazgo) deberán contar su experiencia y se presentarán los resultados del proyecto y sistema de control de calidad realizado por los estudiantes en prácticas, dando énfasis a la energía solar como un elemento primordial para implementar cadenas de fríos en productos locales y disminuir la huella de estos, otorgándoles un valor extra. Para estas actividades se invitarán a ganaderos productores de queso y agricultores de la zona como valle Azapa, valle de Lluta, Camarones, Codpa, entre otras localidades, además se extenderá la invitación para la comunidad de Caleta Vitor, con el fin de establecer relaciones de cooperación.

Para el caso de los Liceos y escuelas, se realizarán través de jornadas de educación en el centro de formación donde se podrá concientizar a los niños sobre el uso de energía solar para producir frío, incorporar temáticas de la huella de carbono, la importancia de sistemas productivos sustentables y la capacidad de gestión de una comunidad para trabajar en conjunto.

Producto con Sello local: Para difundir la calidad de los productos generados, se propone participar con un stand de las Expo-Agrícolas que se desarrollan en la región como Expo-Lluta, Expo-Cam entre otras, utilizando material de difusión sobre productos de baja huella de carbono, uso de la energía solar como sistema de refrigeración y una degustación de los productos.

### 4.3. Costos

Tabla 14. Costo general de la propuesta

PROPUESTA GENÉRICA	Costos (CLP)	Costos (USD)
Fomento a la Cultura Energética	10.000.000	14.706
Diseño y ejecución de capacitaciones	14.000.000	20.588
Capacitación de líderes	36.000.000	52.941
<b>TOTAL</b>	<b>60.000.000</b>	<b>88.235</b>

PROPUESTA PROYECTO CHACA	Costos (CLP)	Costos (USD)
Sala demostrativa frigorífico	25.000.000	36.765
Prácticas profesionales remuneradas	3.500.000	5.147
Jornadas proyecto referencia para ganaderos y agricultores	20.000.000	29.412

Trabajo con Escuela de Chaca y otros colegios de la región	6.000.000	8.824
Viajes y traslados locales	2.000.000	2.941
Material audiovisual y folletos	4.000.000	5.882
Honorarios otros profesionales (técnicos de seguimiento)	4.000.000	5.882
<b>TOTAL</b>	<b>64.500.000</b>	<b>94.853</b>

<b>TOTAL PROYECTO CHACA</b>	<b>124.500.000</b>	<b>183.088</b>
-----------------------------	--------------------	----------------

#### 4.4. Comentarios a la sección Formación de capital humano

Si bien la propuesta de formación de capital humano se fundamenta en la promoción de estas tecnologías para mejorar la competitividad, es necesario vincularlas a otras realidades productivas sin recursos económicos para replicar el proyecto. La implementación del frigorífico pequeño instalado en el centro, busca plantear soluciones utilizando la misma tecnología, en menor escala, para aquellos productores de quesos, restaurantes, establecimientos educacionales, entre otros que carecen de sistemas de refrigeración. Además, el proyecto propone una nueva forma de organización y gestión de una comunidad, para lograr mejorar la competitividad productiva colectiva con beneficios individuales, jugando un rol primordial como referencia para otras organizaciones que no han logrado definir sistemas de gestión apropiados para poder financiar o mantener proyectos de gran escala.

En este contexto es fundamental desarrollar capacidades locales de gestión y modelos de negocios cooperativos según las características de la comunidad de Chaca, las cuales son abordadas en la propuesta genérica de HCD.

Una vez puesto en marcha el proyecto de referencia es interesante hacer difusión del proyecto entre la agroindustria u otras que utilicen sistemas de refrigeración de gran escala para fomentar la replicabilidad de esta iniciativa, y promover la importancia de disminuir la huella de carbono de los procesos productivos, utilizando la energía solar.

## 5. CONCLUSIONES GENERALES

Luego de analizar tanto los aspectos técnicos de la propuesta como los socioculturales y los de formación de capital humano se puede concluir lo siguiente:

- Con el fin de determinar los costos variables y los ingresos por venta del frigorífico se propone un esquema de negocio que funcionará de la siguiente manera: la “empresa frigorífico” compra a los productores frutas y hortalizas a un precio de mercado equivalente a fruta en condiciones de campo (situación sin proyecto) para luego venderlas –a supermercados de alta gama y exportación- como un nuevo producto con un alto valor agregado (fruta seleccionada, sanitizada, envasada y refrigerada, situación con proyecto). De esta manera, se puede identificar de manera real su rentabilidad.
- La inversión de la solución solar alcanza los 223 millones de pesos y el análisis de sensibilidad muestra que el flujo es más sensible a bajas en la producción que en las de precio. En este sentido, el proyecto es capaz de generar saldos positivos en un escenario donde la producción disminuye a un 80% y el precio a un 167,34% bajo lo esperado. TIR + sensibilidades.
- El análisis de sensibilidad muestra que la evaluación económica es más sensible a bajas en la producción que en las de precio. En este sentido, el proyecto es capaz de generar saldos positivos en un escenario donde la producción disminuye a un 80% y el precio a un 167,34% bajo lo esperado. Asimismo, se destaca que el proyecto presenta una alta rentabilidad, generando ingresos netos del orden de los 300 millones de pesos anuales, lo que hace que sea un proyecto atractivo con altas posibilidades de ser replicable en otras localidades de similares características productivas.
- Las condiciones de clima y calidad de agua son una oportunidad para el desarrollo de la actividad agrícola en la localidad de Chaca. El contar con un frigorífico y packing que les permita aumentar el período de postcosecha de la producción podría aumentar las posibilidades de venta en mercados más exigentes a un mayor precio de lo que hoy es posible sin un sistema de enfriamiento y calibración (calidad y flexibilidad en el momento de venta). Se consideran aumentos de precio del orden de un 80% para el caso de referencia. Estos valores se indagaron a partir del análisis de mercado.
- La diversidad de cultivos dominantes en este valle permiten suponer que esta aplicación tecnológica servirá al conjunto de agricultores del territorio lo que debiera impactar positivamente la economía local. Además, el frigorífico podría eventualmente recibir la producción de agricultores del sector de Caleta Vitor u otras localidades cercanas.
- Para el éxito de un proyecto comunitario como este sería recomendable el acompañamiento técnico del proceso de construcción y operación del frigorífico, de manera de promover la participación de la comunidad y aprovechar los liderazgos locales validados por los agricultores y así reducir el riesgo asociado al bajo interés por la innovación recogida a partir de los entrevistados, y a la estrategia dominante de producción de carácter individual.
- El modelo de gestión propuesto por el proyecto, en el que los dueños del frigorífico (que pueden ser los mismos agricultores u otros) son los encargados de la comercialización de los productos y los que perciben las utilidades, requiere de una organización específica que presenta ciertos desafíos para la comunidad local.
- Un elemento a tener en cuenta para el dimensionamiento final del frigorífico y la re-evaluación económica del proyecto es la participación de los agricultores en la iniciativa dado

que una superficie menor de producción, por la marginación de agricultores, podría afectar la rentabilidad del proyecto actual debido a una eventual subutilización de la infraestructura.

- Respecto de la formación de capital humano, la innovación que presenta un frigorífico energizado con energía solar y las posibilidades de acceder a nuevos nichos de comercialización proponen un tema de interés para estudiantes y profesionales vinculados a la agricultura.
- Al promover el uso de energías renovables no convencionales (solar) para la energización del frigorífico, el proyecto apunta a obtener productos con baja huella de carbono verificable a lo largo de toda la cadena productiva.
- Futuros desarrollos podrían aprovechar el ciclo térmico día noche (frío de noche). mediante los sistemas solares térmicos para obtener frío para el frigorífico. Este tipo de tecnología permite obtener frío a partir del calentamiento térmico ya sea a través de colectores solares (simple efecto) o de colectores cilindro parabólico CSP (doble efecto), dependiendo de la eficiencia de la máquina de absorción. Existe interés de la GIZ de colaborar en el diseño de una instalación costo-efectiva que utilice el concepto de absorción para el proyecto del valle de Chaca.

## 6. REFERENCIAS

- Bharj, R., Kumar, S. 2015. Energy efficient hybrid solar system for cold storage in remote areas. *International Journal of Engineering Research & Technology*, 4(12): 315-318
- Cavalier, G., El Hadji, S., Özdemir, I. 2014. Capítulo 16: The cold chain, a crucial link to trade and food security, Editor Lacirignola, C., *MediTERRA 2014 (english): Logistics and Agro-Food Trade. A Challenge for the Mediterranean*. Paris: Presses de Sciences Po. Mediterra.
- Critoph, R., Thompson, K. Solar energy for cooling and refrigeration. University of Warwick, Engineering department.
- CONADI. 2014. Prospección para una nueva ADI región de Arica y Parinacota. Ejecutado por el Centro de Investigación Hombre del Desierto (CIDHE), Arica.
- Defilippi, B. 2009. Postcosecha de frutas y hortalizas.
- Devesa, M., y Sellés, V. Balance térmico de una instalación frigorífica. IES Beatrui Fajardo de Mendoza.
- DGA. 2010. Plan de Acción Estratégico para el Desarrollo Hídrico de la Región de Arica y Parinacota MOP DGA (Documento Propuesta Borrador) Realizado por: División de Estudios y Planificación S.D.T.
- Eicker, U., Pietruschka, D., Haag, M., Schmitt, A. 2014. Energy and economic performance of solar cooling systems world wide. *Energy Procedia* 57, 2581 – 2589.
- FANOSA. 2014. Cuartos fríos. Manual Insulpanel.
- FAO. 2016. Developing the cold chain in the agrifood sector in sub-saharan Africa. *Agroindustry policy brief*.
- Huang, B., Wu, J., Yen, R., Wang, J., Hsu, H., Hsia, C., Yen, C., Chang, J. 2011. System performance and economic analysis of solar-assisted cooling/ heating system. *Solar Energy* 85, 2802 – 2810.
- Leal, M. 2011. Plan de negocios, 'Frigorífico Punta Delgada'. Universidad de Chile, FEN.
- Li, H., Zhang, X., Yang, C. 2015. Analysis on all-day operating solar absorption refrigeration system with heat pump system. *Procedia Engineering* 121, 349 – 356.
- ODEPA. 2009. Evaluación de una planta de packing y camaras de frio para la comercialización de uva moscatel de Alejandría.
- Office of Environment and Heritage, NSW Government, Australia. 2011. Technology report: Industrial refrigeration and chilled glycol and water applications. Disponible en: [www.savepower.nsw.gov.au](http://www.savepower.nsw.gov.au)
- Otanicar, T., Taylor, R., Phelan, P. 2012. Prospects for solar cooling – An economic and environmental assessment. Disponible en: <https://www.researchgate.net/publication/256854796>
- Polanía, S. 2012. Evaluación de la influencia de la cadena de frío en la productividad y competitividad de la cadena de suministro de la mora de Castilla (*rubus glaucus benth.*) – estudio de caso Departamento del Huila. Universidad Nacional de Colombia. Facultad de Ingeniería.
- Puerto, E. Guía técnica para el diseño de cuartos fríos. Universidad Nacional de Colombia. Departamento de Ingeniería Mecánica.
- Robbins, C. 2013. Solar cooling technology review. Desert Research Institute.
- Sarbu, I., Sebarchievici, C. 2016. Review of solar refrigeration and cooling systems. *Energy and buildings* (67) 286 – 297. Disponible en: <https://www.researchgate.net/publication/259561000>
- Seitz, N. 2008. Factibilidad del enfriamiento rápido continuo para fruta fresca. Universidad de Chile, FCFM, Departamento de ingeniería mecánica.
- Servicio de Impuestos Internos. 2016. Costos de construcción de obras civiles.
- Sinha, V., y Tripathi, A. (2014). *Integrating Renewable Energy to Cold Chain: Prospering Rural India*. IPCBEE vol. 76, © (2014) IACSIT Press, Singapore DOI: 10.7763/IPCBEE.2014. V76. 20.
- SIEMENS. Refrigeration technology. Disponible en: [www.siemens.com/buildingtechnologies](http://www.siemens.com/buildingtechnologies)

- University of California Davis. 2012. Storing fresh fruits and vegetables for better taste. Postharvest Technology Center.
- Universidad de Cantabria. 2016. Tecnología frigorífica. Disponible en: <http://www.ceduc.cl/aula/lebu/materiales/IC/IC-310/T21%20%20Simbologia%20neumatica.pdf>

*En la elaboración de este documento participaron las siguientes personas:*

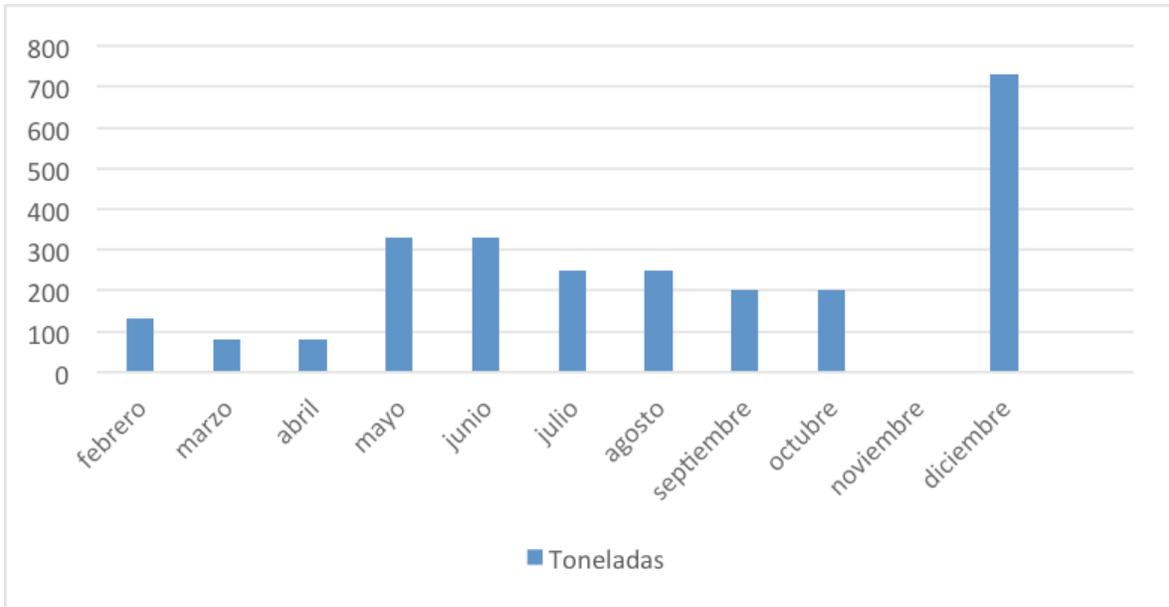
*Contribuciones técnicas: Ana María Ruz, Anahí Urquiza, Andrés Marconi, Carla Lanyon, Chantall Huerta, Diego Irizarri, Felipe Fernández, Felipe Valencia, Francisca Herrera, Gonzalo León, Jorge Reyes, Karen Ubilla, Marcia Montedónico, Miguel Salas, Óscar Barahona, Patricio Mendoza, Roberto Román (Q.E.P.D), Rodrigo Palma, Tania Correa.*

*Edición y revisión final: Hugo Lienqueo, Gonzalo León, Stavros Kukulis, Romina Cifuentes*

*Email de contacto [contacto@ayllusolar.cl](mailto:contacto@ayllusolar.cl)*

## 7. ANEXOS

### 7.1. Distribución mensual estimada de frutas y hortalizas producidas en el Valle de Chaca.



## 7.2. Recursos energéticos disponibles en Chaca.

En el caso de la localidad de Chaca, el recurso solar y eólico de la zona se determinó utilizando el Explorador Solar y Eólico de la Universidad de Chile. El recurso eólico disponible en el lugar es de 2,88 m/s anual, con máximas de 7,7 m/s en los meses de diciembre a febrero. La Figuras A2-1 presenta el perfil promedio diario por mes de la velocidad del viento en Chaca.

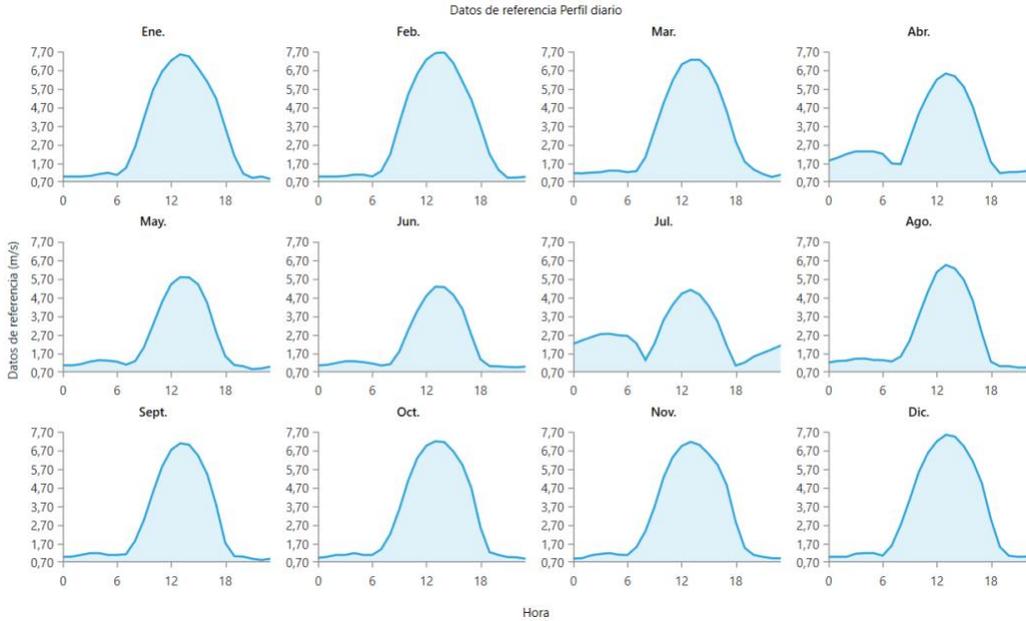


Figura A2-1. Datos de viento promedio. Depto Geofísica FCFM

La Figura A2-2 presenta el comportamiento de la radiación promedio mensual por hora en la ciudad de Chaca considerando un periodo analizado desde el 2004 al 2013. Como se puede ver, la radiación presenta valores atractivos para la generación solar a partir de las 8:00 horas y hasta las 19:00 horas aproximadamente.

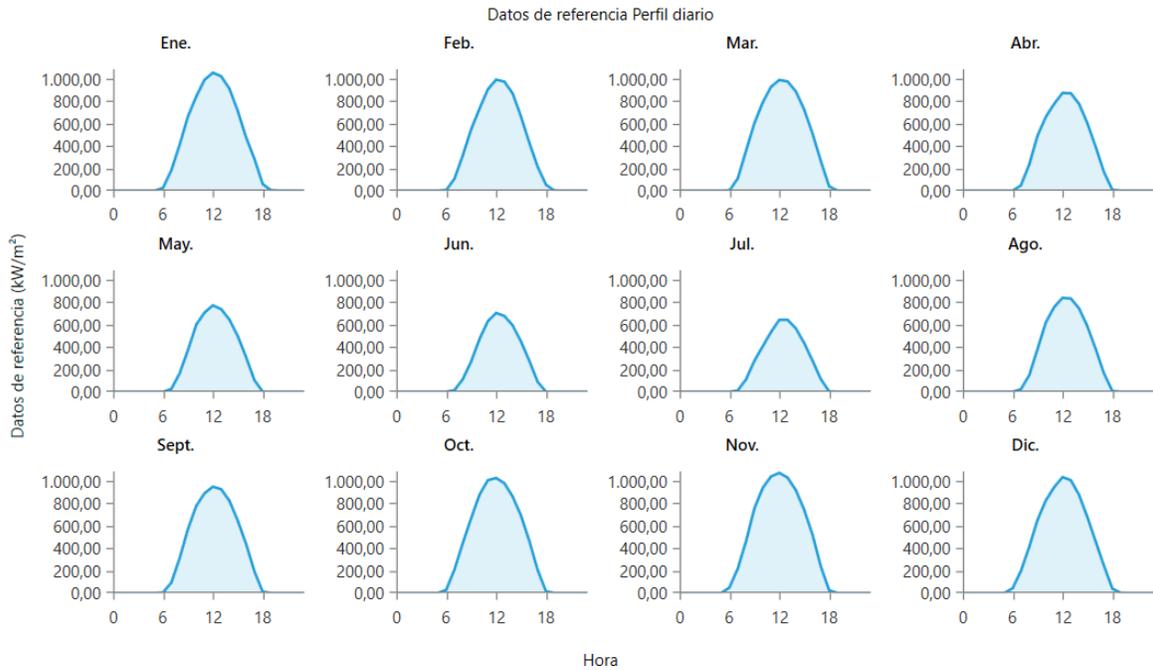


Figura A2-2. Ciclo diario de radiación promedio mensual en Chaca.

El clima de Chaca posee una promedio anual de 18,95 [°C] con una oscilación térmica máxima de 10 °C aproximadamente y con temperaturas mínimas de 12 °C y máximas de 24 °C aproximadamente. Un diagrama mensual se puede ver en la Figura 8.

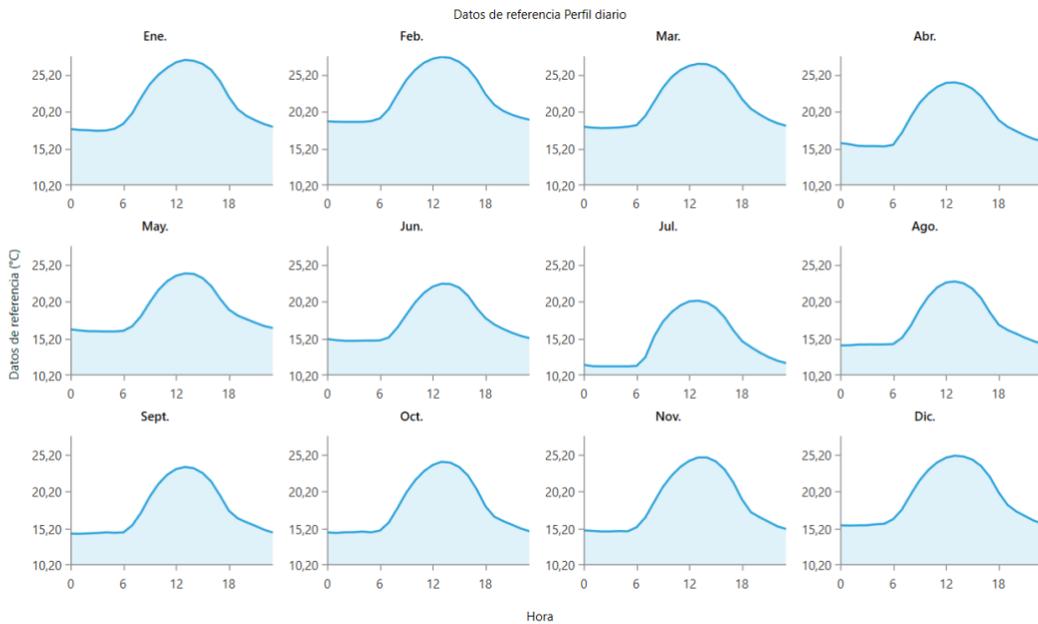


Figura 8. Perfil mensual de temperatura en Chaca.

### 7.3. Modelo Intarcon.

Los parámetros requeridos por el modelo Intracon para la estimación del consumo de energía eléctrica a partir de la demanda térmica se muestran en las Figuras A3-1 – A3-5. Estos parámetros se clasifican en cuatro grupos: parámetros iniciales, parámetros del producto, parámetros de la cámara de enfriamiento, y cargas térmicas adicionales. En el caso de la aplicación para Chaca esta información debe utilizarse tanto para estimar la demanda de energía eléctrica de la cámara de pre-frío como para estimar la demanda de energía eléctrica de la cámara de almacenamiento.



**INTARCON**

Inicio | Producto | Cámara | Cargas | Cálculo | Selección | ? | Cerrar

**Tipo de cámara:** Cámara modular

**Aplicación:**

- Cuarto frío o sala de manipulación (15°C)
- Refrigeración a media temperatura (0°C)
- Conservación a baja temperatura (-20°C)

**Volumen de cámara:** 120 m<sup>3</sup>

**Dimensiones interiores:** 10 m (largo) x 4 m (ancho) x 3 m (alto)

**Espesor de aislamiento:** 80 mm

**Localización:** -- sin especificar --

**Temperatura ambiente:** 21°C

Pulse el botón "calcular" para obtener un primer resultado basado en parámetros por defecto. Siempre podrá consultar, modificar o especificar más datos sobre el producto, características constructivas de la cámara, tasa de renovación de aire, o cargas internas utilizando los enlaces y pestañas correspondientes.

Calcular

Se ha tenido el máximo cuidado para garantizar la exactitud de este cálculo, pero no se acepta responsabilidad alguna por pérdidas o daños, que se produzcan como resultado de su uso. Versión.3.2 - ©JCC 2012

Figura A3-1. Parámetros iniciales para el cálculo de la demanda de energía eléctrica de una cámara de frío utilizando el modelo Intarcon.

**INTARCON**

Inicio **Producto** Cámara Cargas Cálculo Selección ? Cerrar

**Producto almacenado:** FRUTA REFRIGERADA

Condiciones de conservación: 0 °C , 90 % HR

Contenido en agua: 85 %

Temperatura de congelación: -1 °C

Calor de respiración: 2 kJ/kg

**Carga de producto:** 25 kg/m3 3000 kg

**Rotación diaria de producto:** 100 %/día

- Entrada de producto: 3000 kg

- Tiempo de enfriamiento: 24 horas

- Temperatura de entrada: 26.65 °C

**Tipo de embalaje:** A granel

- Peso del embalaje: 0 kg/m3

Se ha tenido el máximo cuidado para garantizar la exactitud de este cálculo, pero no se acepta responsabilidad alguna por pérdidas o daños, que se produzcan como resultado de su uso. Versión.3.2 - ©JCC 2012

Figura A3-2. Parámetros del producto que será conservado en la cámara de frío. Estos parámetros permiten determinar la demanda de energía eléctrica de la cámara.

**INTARCON**

Inicio Producto **Cámara** Cargas Cálculo Selección ? Cerrar

**Condiciones exteriores:**

Altitud sobre el nivel del mar: 460 m

Temperatura seca exterior: 26.65 °C

Temperatura húmeda: 18 °C Humedad relativa: 43.5 %

**Cerramientos**

	Aislamiento	Espesor	Superficie
- Panel vertical:	Poliuretano inyectado PUR [0.025 W/mK]	80 mm	82.2 m²
- Panel de techo:	Poliuretano inyectado PUR [0.025 W/mK]	80 mm	41.1 m²
- Panel de suelo:	Poliuretano inyectado PUR [0.025 W/mK]	80 mm	41.1 m²
- Puerta:	Poliuretano inyectado PUR [0.025 W/mK]	80 mm	5 m²
- Ventana:	Vidrio con cámara de aire		0 m²

**Renovación natural de aire por apertura de puerta**

- Dimensiones de puerta: 1 m (ancho) x 1 m (alto)

- Aperturas de puerta diarias: 1 / día Tiempo de apertura: 480 min

- Renovación diaria de aire: 1 renovaciones/día

Se ha tenido el máximo cuidado para garantizar la exactitud de este cálculo, pero no se acepta responsabilidad alguna por pérdidas o daños, que se produzcan como resultado de su uso. Versión.3.2 - ©JCC 2012

Figura A3-3. Parámetros de la cámara de enfriamiento utilizados por el modelo Intarcon para determinar su consumo de energía eléctrica.

Inicio

Producto

Cámara

**Cargas**

Cálculo

Selección

?

Cerrar

Concepto	Potencia unitaria		Potencia total
- Personal:	<input type="text" value="182"/> W/persona	x <input type="text" value="3"/> personas	<input type="text" value="546"/> W
- Iluminación:	<input type="text" value="10"/> W/m <sup>2</sup>	x <input type="text" value="40"/> m <sup>2</sup>	<input type="text" value="400"/> W
- Resistencia de puerta:	<input type="text" value="0"/> W/ml	x <input type="text" value="9"/> m marco puerta	<input type="text" value="0"/> W
- Otros:			<input type="text" value="0"/> W
- Desescarche		<input type="text" value="0"/> % del total	<input type="text" value="0"/> W
- Ventiladores evaporador:		<input type="text" value="5"/> % del total	<input type="text" value="294"/> W

Se ha tenido el máximo cuidado para garantizar la exactitud de este cálculo, pero no se acepta responsabilidad alguna por pérdidas o daños, que se produzcan como resultado de su uso. Versión.3.2 - ©JCC 2012

Figura A3-4. Cargas térmicas adicionales que tendrá la cámara de enfriamiento (personal, iluminación, pérdidas por falta de aislamiento térmico, entre otras)

#### Necesidades frigoríficas diarias:

- Carga de refrigeración del producto:	308691 kJ/día	58%
- Transmisión de calor a través de cerramientos:	110798 kJ/día	21%
- Ganancias de calor por renovación de aire:	6712 kJ/día	1%
- Cargas de calor internas:	107136 kJ/día	20%
<b>NECESIDADES FRIGORIFICAS TOTALES:</b>	<b>533337 kJ/día</b>	

#### Potencia frigorífica necesaria :

- Margen de cálculo:	<input type="text" value="+10"/> %
- Horas de funcionamiento al día:	<input type="text" value="24"/> horas/día
<b>POTENCIA FRIGORIFICA NECESARIA:</b>	<b>6790 W</b>

Se ha tenido el máximo cuidado para garantizar la exactitud de este cálculo, pero no se acepta responsabilidad alguna por pérdidas o daños, que se produzcan como resultado de su uso. Versión.3.2 - @JCC 2012

Figura A3-5. Resultados que entrega el modelo Intracon para la estimación del consumo de energía eléctrica y térmica para una cámara de almacenamiento en frío.

#### 7.4. Alternativas tecnológicas para la implementación de la micro-red.

Una vez definido el tipo de tecnología de producción eléctrica de la micro-red y, sus aportes en potencia y energía, se procede con la selección de las unidades específicas que satisfagan la operación calculada. A continuación se presentan tablas resumen con algunas unidades de ejemplo.

CONVERTIDOR DE POTENCIA ALMACENAMIENTO DE ENERGÍA		
Característica	Unidad	
Tipo	-	Inversor bidireccional
Marca	-	IdealPower
Modelo	-	30B3-4DF
Potencia salida (@480Vac)	[kW]	30
Corriente salida	[A]	39
Tensión entrada (DC)	[V]	100 - 500
Eficiencia máxima	[%]	97
Masa	[kg]	57
Dimensión (Largo)	[m]	0.9
Dimensión (Ancho)	[m]	0.27
Dimensión (alto)	[m]	0.6



GENSET PRIMARIO		
Característica	Unidad	
Tipo	-	Generador diésel
Marca	-	Cummins
Modelo	-	C150D5
Tipo máquina eléctrica	-	Brushless, single bearing, revolving field
Potencia Salida	[kW]	120
Masa	[kg]	1206
Dimensión (Largo)	[m]	2.4
Dimensión (Ancho)	[m]	1.1
Dimensión (alto)	[m]	1.4



GENSET SCUNDARIO		
Característica	Unidad	
Tipo	-	Generador diésel
Marca	-	Cummins
Modelo	-	C80D5
Tipo máquina eléctrica	-	Brushless, single bearing, revolving field
Potencia Salida	[kW]	58
Masa	[kg]	1392
Dimensión (Largo)	[m]	2.2
Dimensión (Ancho)	[m]	1
Dimensión (alto)	[m]	1.5



BATERÍA		
Característica	Unidad	
Tipo	-	Plo mo ácido
Marca	-	Trojan
Modelo	-	T1275
Tensión descarga	[V]	10.5
Tensión nominal	[V]	12
Tensión carga	[V]	14.8
Capacidad (@25A, 5h)	[Ah]	125
Masa	[kg]	37
Dimensión (Largo)	[m]	0.3
Dimensión (Ancho)	[m]	0.18
Dimensión (alto)	[m]	0.27



MÓDULO SOLAR		
Característica	Unidad	
Tipo	-	Silicio, monocristalino
Marca	-	Sunpower
Modelo	-	SPR-305-WHT-U
Potencia STC	[W]	305
Eficiencia máx	[%]	18.7
Tensión (@Máx. Potencia)	[V]	55
Tensión (@Circuito abierto)	[V]	64
Corriente (@Máx. Potencia)	[A]	5.6
Masa	[kg]	18.6
Dimensión (Largo)	[m]	1.55
Dimensión (Ancho)	[m]	1.04
Dimensión (alto)	[m]	0.046



CONVERTIDOR DE POTENCIA PLANTA SOLAR		
Característica	Unidad	
Tipo	-	Inversor trifásico
Marca	-	SMA
Modelo	-	30000TL-US
Potencia	[W]	30800
Eficiencia máx	[%]	98
Tensión MPPT	[V]	500-800
Masa	[kg]	55
Dimensión (Largo)	[m]	0.26
Dimensión (Ancho)	[m]	0.66
Dimensión (alto)	[m]	0.65



### 7.5. Características del frigorífico.

En la siguiente tabla se muestran los materiales aislantes más usados y sus características.

Tabla 15. Coeficientes de transmisión (Watts/hora\*m<sup>2</sup>\*°C) de los principales materiales usados para el recubrimiento de paredes en cámaras de frío, conforme a su espesor.

Espesor (mm)	Corcho	Fibra de vidrio	Poliestireno	Poliuretano	Lana mineral
50	0,928	0,812	0,696	0,464	0,905
75	0,626	0,568	0,464	0,313	0,603
100	0,464	0,429	0,348	0,232	0,452
125	0,371	0,336	0,278	0,186	0,359
150	0,313	0,220	0,174	0,116	0,220

Fuente: Devesa, M., y Sellés, V. Balance térmico de una instalación frigorífica.

Tabla 16. Dimensiones y capacidad del frigorífico y sus unidades.

Unidad/ Capacidad		Unidad	Superficie (m <sup>2</sup> )
Capacidad de entrada	5	Bins/ día	
Túnel de enfriamiento	6	Bins/ 10 horas	15
Cámara de almacenamiento	60	Bins	180
Volumen de circulación	13,4	Bins	30
Volumen total con frío	79,4	Bins (aproximadamente 28 Ton)	195
Antecámara			20
Área total aproximada			245

## 7.6. Características de los productos del frigorífico.

La siguiente tabla muestra información relevante de los principales cultivos del valle de Chaca.

Tabla 17. Rendimientos por hectárea, precios promedio y máximos en los principales mercados de venta (Mercado Mayorista Lo Valledor de Santiago y Agrícola del Norte S.A. de Arica) y fechas de cosecha de las principales frutas y hortalizas producidas en el Valle de Chaca con potencial de almacenamiento en la cámara de frío.

Producto	Rendimiento promedio (Ton/Ha)	Fecha de cosecha	Precio promedio de venta (\$ nominales)	Precio máximo de venta (\$ nominales)	Unidad
<b>Tomate</b>	100	May - Ago	3.077	4.607	\$/caja 18 kilos
<b>Maracuyá</b>	15	Dic - Ene	1.740	2.100	\$/Kg.
<b>Mango</b>	8	Dic	4.075	4.371	Bandeja de 4 Kg
<b>Melón</b>	60	Dic	8.475	8.475	\$/caja 18 unidades (unidad=1,5 Kg. aprox.)
<b>Pimiento</b>	48	Ene - Jun	6.158	7.238	\$/caja 18 kilos
<b>Ají</b>	20	Sep - Oct	10.985	17.298	\$/caja 15 kilos