



**PROYECTO FINAL DE INGENIERÍA  
INDUSTRIAL.**

**USO DE ENERGÍA SOLAR TÉRMICA EN  
UN HORNO DE DESHIDRATADOS.**

Autor: Marcos Borrell

Tutor de Proyecto: Ing. Pedro del Campo



**RESUMEN EJECUTIVO**

Existe actualmente a nivel mundial una necesidad de desarrollar y utilizar fuentes de energía renovables. Esta necesidad esta sustentada no sólo en la escasez internacional de reservas de combustibles fósiles sino también en la creciente preocupación sobre el deterioro del medio ambiente causado por la quema de combustibles fósiles. Dentro del marco de esta situación se aborda el presente trabajo, cuyo objetivo principal consiste en contribuir con la disminución del consumo de energías no renovables.

El proyecto analiza la posibilidad de reducir el consumo de gas natural en una empresa dedicada al deshidratado de alimentos, especialmente verduras de hoja y perejil. Se estudia la factibilidad de utilizar energía solar térmica, una energía renovable, mediante la tecnología conocida como colectores solares planos. Con el propósito de determinar si es posible la implementación de dicha tecnología, se tienen en cuenta aspectos técnicos y económicos del proyecto.

---



**EXECUTIVE BRIEF**

Nowadays, there is a worldwide need to develop and use renewable energy sources. This need is based not only on the shortage of international reserves of fossil fuels but also on the growing concern about environmental degradation caused by the burning of fossil fuels. In this framework, the main objective of this project is to contribute to the decrease in the consumption of non-renewable energies.

The project examines the possibility of reducing the consumption of natural gas in a company dedicated to dehydrated food, especially leafy vegetables and parsley. It is studied the feasibility of using a kind of renewable energy, the thermal solar energy, through technology known as flat solar collectors. In order to determine if it is possible to implement such technology, it is taken into account technical and economic aspects of the project.

---



**REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA**

Este documento propone el análisis de factibilidad de instalar en una planta de deshidratado de hortalizas colectores solares planos con el propósito de utilizar la energía solar térmica para reducir el consumo de gas natural. El objetivo de este trabajo es ofrecer un producto de igual calidad con un menor consumo de energías no renovables. Asimismo, el proyecto plantea la posibilidad de transferir la tecnología de los colectores solares planos a cualquier proceso que necesite de energía térmica, ya sean estos procesos productivos o para el uso doméstico.

Palabras Clave: energía solar térmica, colectores solares planos, radiación solar, ahorro de energía, deshidratado de alimentos.

---



**ABSTRACT**

This document proposes the feasibility analysis to install in a plant of dehydrated vegetables, flat solar collectors with the purpose of using thermal solar energy to reduce the consumption of natural gas. The objective of this project is to offer a product of equal quality with a lower consumption of non-renewable energies. Also, the project raises the possibility of transferring the technology of flat solar collectors to any process that needs heat, whether they are production processes or just for domestic use.

Keywords: thermal solar energy, flat solar collectors, solar radiation, energy saving, dehydrated food.

---



**AGRADECIMIENTOS**

Quisiera agradecer a las siguientes personas por su colaboración en la realización de este proyecto.

En primer lugar, a mis padres por brindarme la posibilidad de estudiar y por educarme y formarme durante todos estos años. También quiero agradecer por su inmenso apoyo y aliento durante todo el transcurso de este proyecto a mis hermanos Leticia y Lucas, a mi novia Lucia y a mi prima Marina.

En segundo lugar agradecer a mi tutor el Ing. Pedro del Campo, por su entusiasmo, dedicación y tiempo empeñado en el desarrollo de las distintas fases de este proyecto.

Finalmente, a todas las personas que brindaron su apoyo y parte de su tiempo para asistirme y brindarme información útil para lograr el desarrollo de este proyecto.

Marcos Borrell.

---



**INDICE**

<b>1 INTRODUCCION</b> .....	1
1.1 Problemática. ....	1
1.2 Guía de lectura. ....	3
<b>2 MARCO TEORICO</b> .....	5
2.1 Energía. ....	5
2.2 Energías Renovables.....	6
2.3 La Energía Solar Térmica. ....	9
2.3.1 El Sol.....	9
2.3.2 Tecnologías.....	14
2.4 Situación energética en Argentina .....	16
2.5 Crisis Energética Argentina.....	16
2.5 Crisis Energética Argentina.....	17
2.6 La Energía Solar en Argentina.....	19
<b>3 EL PROCESO PRODUCTIVO</b> .....	21
3.1 Introducción.....	21
3.2 Proceso de deshidratado.....	22
3.3 Curva de Secado. ....	24
3.4.1 Perejil.....	25
3.4.2 Acelga / Espinaca.....	29
3. 5 Secadero a cinta transportadora .....	32
<b>4 ANÁLISIS DE FACTIBILIDAD</b> .....	35
4.1 Análisis técnico.....	35
4.1.1 Energía necesaria.....	35
4.1.2 Energía Solar disponible.....	35

---

4.1.3 Energía solar utilizable.....	37
4.2 Análisis Económico-Financiero .....	39
4.2.1 Inversión.....	40
4.2.2 Ingresos .....	41
4.2.3 Gastos .....	42
4.2.4 Valuación .....	42
4.2.5 Análisis de Sensibilidad .....	43
<b>5 CONCLUSIONES .....</b>	<b>45</b>
<b>6 APLICACIONES DE LA TECNOLOGÍA.....</b>	<b>47</b>
<b>PALABRAS FINALES .....</b>	<b>49</b>
<b>BIBLIOGRAFIA.....</b>	<b>51</b>
<b>ANEXOS .....</b>	<b>53</b>

## **1 INTRODUCCION**

### **1.1 Problemática.**

En el siguiente trabajo se plantea como objetivo analizar si es factible técnica y económicamente instalar un sistema de captación de energía solar térmica con el fin de calentar el aire utilizado en el funcionamiento de un horno de deshidratados de hortalizas que opera en la ciudad de Olmos partido de La Plata.

El principal insumo del secadero es el gas natural, por lo que se constituye en un recurso indispensable para su funcionamiento e influyente en los costos de producción. Logrando reducir su consumo, se obtendría un producto más competitivo y con un mejor margen de utilidad. Además se logra un proceso más amigable con el medio ambiente, porque se obtiene el mismo producto final quemando menos combustible.

Otro factor que es importante considerar es la crisis energética que está atravesando el país y el mundo, no solo para el análisis de este proyecto en particular sino también para el análisis en diversas industrias. En los últimos años se vivieron en Argentina durante los meses de mayor demanda, desabastecimiento y corte de suministro de combustibles y energía eléctrica.

El proceso de deshidratación es un método de conservación de alimentos que consiste en eliminar un porcentaje del agua contenida en los mismos. Esto se consigue gracias a una corriente de aire caliente que al entrar en contacto con el producto consigue evaporar el agua contenida en los mismos. Con ausencia del agua los microorganismos que se encuentran en los alimentos no pueden diseminarse y se detienen la mayoría de las reacciones químicas y enzimáticas que producen la descomposición de los mismos.

El horno de deshidratados consiste en un túnel de viento por el que circula aire con determinadas propiedades. El horno en su interior contiene una cinta transportadora en la cuál se colocan los productos a deshidratar, principalmente vegetales de hoja, como espinaca, acelga y perejil. En un extremo del horno existe un quemador de combustión que es el encargado de elevar la temperatura del aire utilizado para el deshidratado, el combustible que utiliza dicho quemador es el gas natural y el oxígeno necesario para producir la combustión es captado de la atmósfera que lo rodea y se

encuentra a temperatura ambiente. El aire caliente que se genera junto con los gases de combustión son los encargados de remover el agua contenida en los productos.

## 1.2 Guía de lectura.

El Trabajo está organizado en 6 secciones. La presente, exhibe la problemática que da origen a este trabajo de graduación, y los objetivos que se quieren alcanzar con el mismo.

A continuación, el capítulo 2 es el Marco Teórico. Comienza introduciendo los conceptos de energía, su clasificación en renovables y no renovables, la explicación en más detalle de la energía solar térmica centrandó la misma en su fuente de energía, el sol y los dispositivos de captación de la misma. Luego, se realiza un análisis de la situación actual del país en relación a los conceptos antes mencionados.

Para comprender el funcionamiento actual de la empresa en el capítulo 3 se explica en que consiste el método de conservación de alimentos denominado deshidratación y se analizan, estudian y desarrollaran los procesos productivos utilizados actualmente por la empresa para el deshidratado de acelga, espinaca y perejil.

En el capítulo 4 se estudiara la viabilidad del proyecto contemplando los aspectos técnicos relevantes para la instalación de los equipos como ser la radiación solar disponible en la zona y la superficie necesaria de colectores solares para poder lograr una variación de temperatura esperada. Y finalmente se realizara un análisis Económico-Financiero teniendo en cuenta los costos e ingresos esperados y las inversiones requeridas para poder determinar un flujo de fondos con el cual evaluar al proyecto según los criterios del valor actual neto, tasa interna de retorno y período de repagos si es viable o no el mismo.

En el Capítulo 5 se presenta la conclusión final del trabajo, reflexionando sobre el estudio realizado y determinando cuales son los principales factores que influyen en el resultado final.

Para concluir, en el Capítulo 6 tiene lugar el estudio de adopción de este tipo de tecnología aplicada en distintos procesos productivos.



## 2 MARCO TEORICO

### 2.1 Energía.

El concepto de energía tiene varias interpretaciones, para la física es uno de los conceptos más importantes y se encuentra fuertemente relacionado con el trabajo. En la 22ª edición del diccionario de la lengua Española se define a la energía como la capacidad para realizar un trabajo. La misma puede existir en la naturaleza en varias formas, energía cinética asociada a los cuerpos en movimiento, energía química, energía eléctrica, energía térmica entre otras.

Puede haber una transformación de una forma de energía a otra, pero “siempre que la energía de un sistema cambia, podemos explicar el cambio por la aparición o desaparición de energía en algún otro lugar” (Tipler 2001:175), la energía no se puede crear ni destruir solo transformar. Esto significa que la energía total es constante, a éste manifiesto se lo conoce como la ley de conservación de la energía.

Desde un aspecto socio-económico la energía se puede catalogar como un recurso natural, capaz de ser utilizado para el desarrollo de la sociedad (Kreider y Kreith 1977). Los recursos naturales se pueden clasificar por su durabilidad dentro de dos grandes categorías, renovables y no renovables. Los primeros pueden ser explotados indefinidamente, mientras que los segundos son finitos y con tendencia al agotamiento. Para el caso particular, las distintas fuentes de energía se clasifican dentro de las categorías de Renovables y No renovables de la siguiente forma:

- No renovables
  - Energía fósil.
  - Energía nuclear.
- Renovables
  - Energía hidráulica.
  - Biomasa.
  - Energía solar.
  - Energía eólica.
  - Energía geotérmica.
  - Energía mareomotriz.

## 2.2 Energías Renovables

Las energías renovables como se mencionó anteriormente son energías inagotables a escala humana, es decir que su tasa de generación es superior a la tasa de demanda por parte del hombre. El sol es la principal fuente de energía que tiene la Tierra, de él se desprenden de forma indirecta varias formas de energía utilizables de manera directa, como pueden ser la generación de vientos en la atmósfera que da lugar a la *energía eólica*, la evaporación del agua que genera la formación de nubes y lluvia permitiendo la *energía hidráulica*, todo el material vegetal que utiliza al sol para vivir es lo que se conoce como la *biomasa*. La energía del sol también puede ser utilizada de manera directa en forma de *energía solar térmica* o *energía solar fotovoltaica* que es captada en forma directa por medio de colectores solares.

En la figura 2.2-1 se pueden observar las distintas formas de aprovechamiento de las energías renovables, a continuación se explicaran brevemente cada una de ellas.

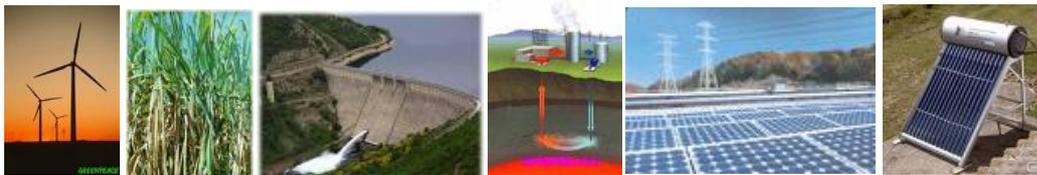


Figura 2.2-1. Energías renovables

La **energía eólica** convierte la energía cinética del viento en energía mecánica, está puede luego ser utilizada para generar electricidad mediante un generador o ser utilizada para realizar algún trabajo (bomba de agua).

Las máquinas empleadas para generar electricidad reciben el nombre de turbinas eólicas o aerogeneradores (Secretaría de energía 2006).

Se denomina **biomasa** a toda la materia orgánica que se encuentra en la tierra. Como fuente de energía presenta una enorme versatilidad, permitiendo obtener mediante diferentes procedimientos tanto combustibles sólidos como líquidos o gaseosos. Cualquier tipo de biomasa proviene de la reacción de la fotosíntesis vegetal, que sintetiza sustancias orgánicas a partir del CO<sub>2</sub> del aire y de otras sustancias simples, aprovechando la energía del sol.

En estos procesos de conversión la energía solar se transforma en energía química que se acumula en diferentes compuestos orgánicos (polisacáridos, grasas) y que es incorporada y transformada por el reino animal, incluyendo al ser humano, el cual invierte la transformación para obtener bienes de consumo (Secretaría de energía 2006).

La **energía hidroeléctrica** transforma la energía de movimiento de las aguas en trabajo mecánico que moviendo una turbina conectada a un alternador genera electricidad. Las centrales hidroeléctricas aprovechan la energía de un curso de agua como consecuencia de la diferencia de nivel entre dos puntos. Hay una gran variedad de instalaciones pero se podrían clasificar en tres grupos: centrales de agua fluyente, de pie de presa y de canal de riego o abastecimiento (Secretaría de energía 2006).

La **energía geotérmica** tiene su origen en una serie de reacciones naturales (calor remanente originado en los primeros momentos de formación del planeta y desintegración de elementos radiactivos) que suceden en el interior de la tierra y que producen enormes cantidades de calor. Esta energía se puede poner de manifiesto a través de fenómenos como el vulcanismo o los terremotos, y en sus fases póstumas: géiseres, fumarolas y aguas termales (Secretaría de energía 2006).

La **energía solar fotovoltaica**, se basa en el efecto fotovoltaico que se produce al incidir la luz sobre materiales semiconductores. De esta forma se genera un flujo de electrones en el interior de esos materiales y una diferencia de potencial que puede ser aprovechada (Secretaría de energía 2006).

La **energía solar térmica** consiste en la utilización de la radiación solar para calentar un fluido, generalmente agua o aire. El fluido calentado luego se puede utilizar de forma directa, por ejemplo insuflando el aire caliente a una habitación, o de forma indirecta almacenando el calor en un recipiente para utilizarlo cuando sea necesario (Secretaría de energía 2006).

Para finalizar el análisis de las energías renovables se mencionaran algunas de las ventajas que las mismas presentan frente a las energías no renovables como el petróleo y el gas natural.

Frente a los combustibles fósiles, que tienen un tiempo de vida determinado, se agotan y causan graves impactos sobre el medio ambiente, las fuentes renovables tienen las siguientes ventajas:

- a) Un mínimo impacto sobre el medioambiente
- b) No generan residuos difíciles de tratar, ni gases contaminantes.
- c) Utilizan recursos que no se agotan y tecnologías limpias en su producción
- d) Generan puestos de trabajo en su construcción, mantenimiento y explotación.

## **2.3 La Energía Solar Térmica.**

Como se menciona anteriormente el objetivo del trabajo es utilizar la energía solar térmica con el fin de conseguir elevar al temperatura del aire que ingrese en el horno de deshidratados. A continuación se explicara en detalle la energía solar térmica, el sol como fuente de energía y las diferentes tecnologías disponibles para su utilización.

### **2.3.1 El Sol**

El Sol es la principal fuente de energía del Planeta Tierra, la misma se manifiesta en forma de luz y calor (como radiación). El sol es la estrella más cercana a la Tierra y el mayor elemento del Sistema Solar. Las estrellas son los únicos cuerpos del Universo que emiten luz

El Sol es un inmenso reactor de fusión termonuclear que quema cada segundo 600.000.000 toneladas de hidrógeno a 20 millones de grados Kelvin, irradiando una cantidad de energía equivalente a  $3,7 \times 10^{23}$  Kw. en forma de ondas electromagnéticas (Puig y Jofra 2006). De toda la energía irradiada por el Sol solo una pequeña parte, 1,37KW por metro cuadrado aproximadamente (Universidad de Jaén), llega a la superficie de la tierra como consecuencia de la distancia que los separa. La radiación que llega varía de forma aleatoria debido a diversos efectos que provoca sobre ella la atmósfera terrestre. Una gran parte es absorbida y dispersa por los propios agentes variables que allí se encuentran, tales como la polución y la nubosidad.

La Tierra gira alrededor del Sol describiendo una trayectoria elíptica. La distancia media es de 150 millones de kilómetros respecto de la Tierra, y tiene una vida estimada de 5000 millones de años, por lo cual tenemos asegurado su funcionamiento seguro y sin ningún gasto de inversión ni mantenimiento (Bardou y Arzoumanian 1978). Nuestro planeta recibe del sol una cantidad de energía anual de aproximadamente 1,6 millones de Kwh., de los cuales sólo un 40% es aprovechable, sin embargo dicha cifra representa varios cientos de veces la energía que se consume actualmente en forma mundial (Secretaría de energía 2006).

El aprovechamiento energético del sol está condicionado por la intensidad de radiación solar recibida por la tierra, los ciclos diarios y anuales a los que está sometida por su rotación y traslación respecto del sol y las condiciones climatológicas del lugar.

La energía solar térmica consiste en el uso de la radiación proveniente del sol para elevar la temperatura de un fluido, el cual sirve para transmitir la energía, almacenarla o utilizarla. El principal componente de una instalación térmica es el colector, ya que es el encargado de recibir la radiación solar y transformarla en calor (Puig y Jofra 2006).

De acuerdo a la temperatura de aprovechamiento se puede clasificar a la energía solar térmica en aprovechamiento de alta, media y baja temperatura, siendo sus límites:

- Hasta 100° C: de baja temperatura;
- Desde 100° C y hasta 300° C: de mediana temperatura;
- Mayores a 300° C: de alta temperatura.

Los sistemas solares térmicos de alta temperatura como el que se muestra en la figura 2.3.1-1, hacen referencia a grandes instalaciones donde el principal elemento es una torre paraboloide, o un campo de helióstatos que concentran la radiación solar en una torre central, que puede alcanzar temperaturas superiores a los 4000° C; normalmente se tratan de sistemas con una caldera central de la que se obtiene vapor a alta temperatura para usos térmicos o producción de electricidad (Gagliardi 2003).



**Figura 2.2.3-1. Sistema solar térmico de alta temperatura**

En cuanto a las aplicaciones de mediana temperatura, normalmente se utilizan colectores parabólicos como los que se muestran en la figura 2.2.3-2, los que concentran la radiación solar en una línea a la que se denomina foco en la cual se coloca un tubo colector encargado de recibir y transmitir el calor al fluido colector, alcanzando valores de temperatura de hasta 300° C (Gagliardi 2003).



Figura 2.2.3-2. Sistema solar térmico de media temperatura.

Los sistemas de baja temperatura utilizan colectores solares planos. El principio de funcionamiento del colector solar plano se basa en la trampa de calor que una superficie acristalada produce (conocido como efecto invernadero) figura 2.2.3-3. La radiación incidente del Sol, de onda corta, atraviesa el cristal y es absorbida por una superficie que se calienta. Ésta, a su vez, emite radiación térmica (de onda larga), pero esta radiación es atrapada por el cristal, que impide su paso.



Figura 2.2.3-3. Efecto invernadero

En la figura 2.2.3-4 se observa el despiece de un colector solar plano con sus partes principales, las mismas se detallan a continuación:

Carcasa exterior: es la encargada de sostener las partes, es aconsejable que sea liviana para poder ser manipulada con facilidad y si es necesaria su instalación en techos para que no represente una carga importante. El material de fabricación debe ser resistente a las inclemencias del tiempo, debido a que se encontrará a la intemperie y debe proteger a las otras partes del equipo.

Aislamiento térmico: Es necesario para mantener el calor dentro del colector y de esta forma evitar pérdidas en el rendimiento del mismo por disipación.

Placa absorbidora: Es la parte en donde se recibe la energía solar, deberá estar pintado de negro mate selectivo para lograr la mejor recepción de energía.

Cubierta protectora: Debe ser de un material translúcido para permitir pasar la radiación incidente y no dejarla escapar, para lograr de esta forma el efecto invernadero (Gagliardi 2003).

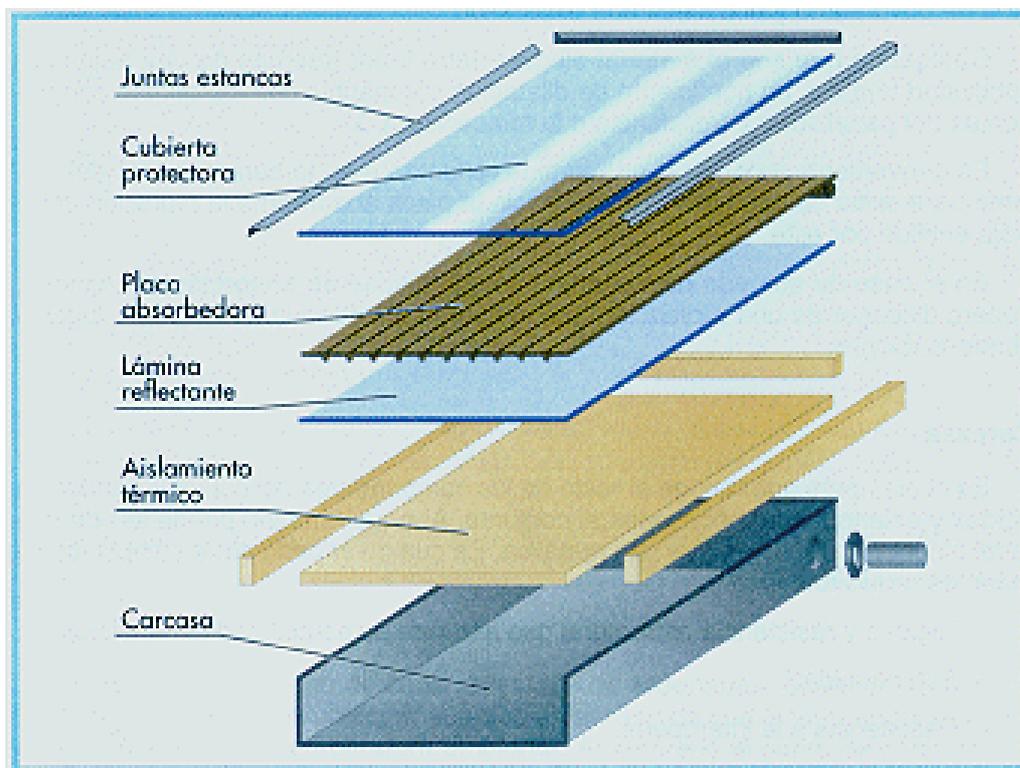


Figura 2.2.3-4. Partes de un colector solar plano

El principal parámetro que caracteriza la eficiencia de cualquier captador solar es la curva de rendimiento. Pero al tratarse de una aplicación poco difundida, no existe un modelo estandarizado de colector solar de aire, por lo que cada fabricante realiza su propio modelo. Por la misma razón, no existen pruebas oficiales que midan su rendimiento, existiendo diversas concepciones al respecto. En general, se define el rendimiento de un captador como la relación entre el flujo energético que llega a la superficie de este y la energía útil que se transmite al fluido; de esta forma, el rendimiento instantáneo de un captador varía en función de la radiación, la temperatura del aire que entra al captador, la temperatura ambiente, la temperatura de la placa y los materiales empleados en la construcción.

### 2.3.2 Tecnologías.

Al ser la energía solar térmica una aplicación poco difundida hasta ahora, no existe un modelo estandarizado de colector solar de aire, realizando cada fabricante su propio modelo.

En los colectores solares de aire el absorbedor presenta una forma rugosa donde el aire circula libremente por la superficie del absorbedor recogiendo el calor que éste transforma. La entrada y la salida del colector son más grandes en los colectores de aire que en los de agua debido a que la capacidad de transportar calor del aire es menor que la del agua.

Existen distintos tipos de colectores en función de la forma en que está dispuesto el absorbedor y los vidrios (Sitiosolar), entre los que podemos destacar:

**Colector simple de circulación delantera (Figura 2.3.2-1).** La placa absorbidora se encuentra al fondo de la caja, sobre el aislante y la circulación del aire se realiza entre el vidrio y la placa. Es en principio el modelo que menor rendimiento tendría.

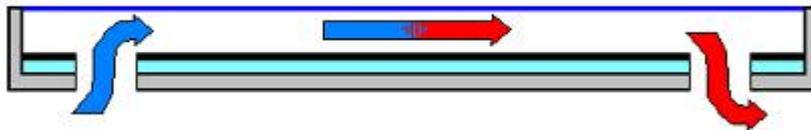


Figura 2.3.2-1. Colector simple de circulación delantera

**Colector de placa intermedia (Figura 2.3.2-2).** En este modelo la placa absorbidora se encuentra situada en medio de la caja, realizándose la circulación de ida por detrás y la de retorno por delante del absorbedor o viceversa.

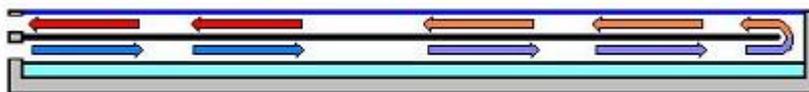
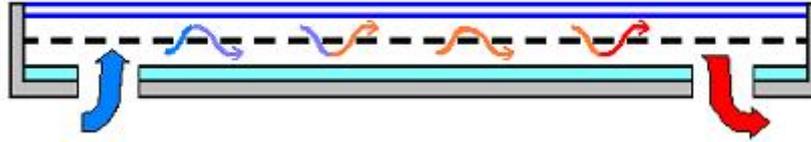


Figura 2.3.2-2. Colector de placa intermedia

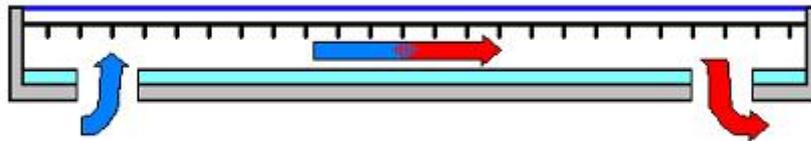
**Colector de placa intermedia con doble vidrio (Figura 2.3.2-3).** En este modelo la placa absorbidora aparece agujereada, lo que permite circular al el aire libremente entre los espacios por delante y por detrás de la misma. Para lograr una mayor eficiencia es

necesario dotar a los mismos de un doble cristal y que se mantenga una cámara aire estanco entre ellos.



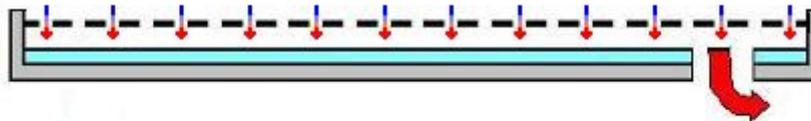
**Figura 2.3.2-3. Colector de placa intermedia con doble vidrio**

**Colector de circulación trasera (Figura 2.3.2-4).** En ellos el absorbedor se dispone también en una altura intermedia dentro de la caja, con la diferencia de que la circulación se realiza exclusivamente por detrás de ella existiendo en el espacio entre el absorbedor y el vidrio una cámara de aire estanco. Como se comentó para el modelo anterior, para que los colectores de aire sean eficientes, es necesario dotarlos de una cámara de aire estanca que trabaje como aislante.



**Figura 2.3.2-4. Colector de circulación trasera**

**Colector de aire sin vidrio (Figura 2.3.2-5).** Estos son simplemente una plancha de metal negro mate toda ella calada con pequeños agujeros colocada sobre un muro. El aire calentado por éste es absorbido por un ventilador y llevado al interior del edificio. En este modelo, es difícil lograr una circulación natural de aire al no estar el mismo encerrado.



**Figura 2.3.2-5. Colector de aire sin vidrio**

## 2.4 Situación energética en Argentina

En Argentina la energía deriva principalmente de fuentes primarias como el petróleo, gas natural, carbón mineral, energía nuclear y energías renovables. En la figura 2.4-1, se observa que la energía renovable más utilizada en nuestro país es la hidráulica, mientras que energías como la solar y la eólica apenas alcanzan a sumar el uno por ciento de la oferta (representados en la figura por “otros primarios”). El gas natural es actualmente la principal fuente de energía primaria del país con un 50 % de utilización (Secretaría de energía 2006).

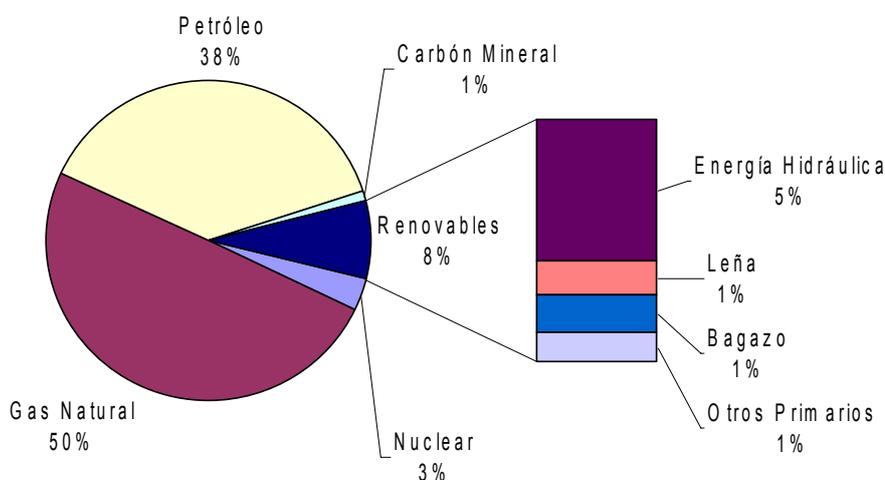


Figura 2.4-1. Oferta interna de energía primaria 2004

La principal demanda de energía en Argentina ocurre por parte de la industria, el transporte y los hogares. En una menor medida se encuentran el sector comercial y agropecuario. En la figura 2.4-2 se observa como se reparte actualmente la demanda energética del país (Fundación Bariloche 2007).

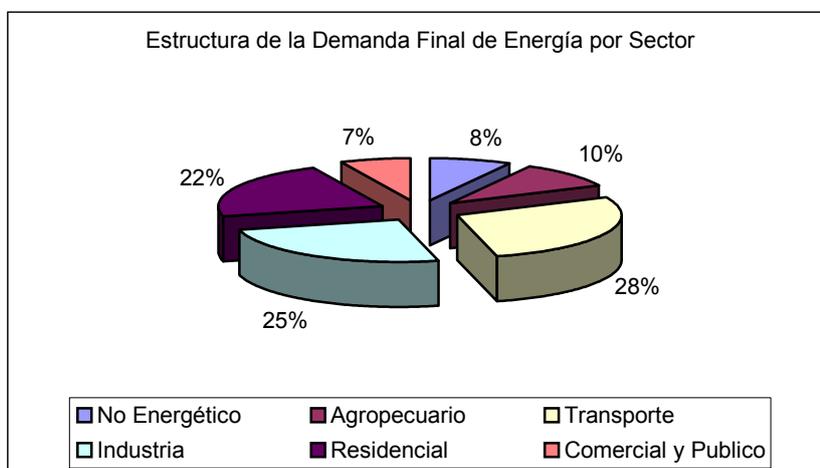


Figura 2.4-2. Demanda de energía por sector

---

## 2.5 Crisis Energética Argentina.

La necesidad a nivel mundial del desarrollo y uso de fuentes de energía renovables, no sólo por la escasez de reservas de combustibles fósiles, sino por la creciente preocupación por el deterioro del medio ambiente, es una realidad de la que no escapa Argentina.

“A comienzos del año 2002, se produjo en la Argentina una devaluación del tipo de cambio que indujo, en los tres años siguientes, a una reactivación de la economía. Esto condujo al sector energético a un importante problema de abastecimiento con características estructurales de difícil resolución en el corto plazo, provocado por la insuficiencia de abastecimiento de gas natural, capacidad de transporte de gas natural cercana a la saturación, ausencia de inversiones en generación eléctrica y fuerte crecimiento de la demanda de gas natural y de la demanda de energía eléctrica.” (Guzowski y Recalde 2006).

Así la crisis energética que atraviesa el país que es producto, entre otros factores, de los programas de privatizaciones del sector energético, la alta concentración en la propiedad de las reservas, la reducción de la cantidad de pozos explorados, la disminución del horizonte de vida de las reservas, y la falta de inversiones en nuevas exploraciones. Contribuyo, de alguna manera, a la difusión de las energías alternativas, aunque todavía falte para que puedan reemplazar en porcentajes importantes a las fuentes energéticas convencionales. En Argentina, si bien en principio, parece haber un marco legal adecuado que fomenta el desarrollo de las energías renovables (Ley 26.190), en la práctica, su participación en la oferta energética nacional es muy baja (Martinez 2006).

Según el informe de la Consejería de Economía e Innovación Tecnológica de España (Martinez 2006), en la Argentina existen diversas barreras que interfieren en el desarrollo de las energías renovables, estas son:

### Barreras técnicas

- Insuficiente información sobre recursos.
- Localización de recursos donde no hay demanda.
- Localización de recursos donde no hay infraestructura.

- . Insuficiente desarrollo de capacidades para el diseño, operación construcción y mantenimiento de proyectos de pequeña escala.

#### Barreras legislativas y regulatorias

- . Marco regulatorio de las actividades eléctricas que involucran a las energías renovables.
- . Necesidad de establecer contratos específicos para la venta de largo plazo.
- . Necesidad de establecer normas de despacho específicas.

#### Barreras económicas y financieras

- . Altos costos de inversión en tecnologías renovables.
- . Dificultad de tramitación y altos costos de transacción, aún para los proyectos de pequeña escala.
- . Dificultad en el desarrollo competitivo de los proyectos de energías renovables (impacto de los subsidios).

#### Barreras institucionales

- . Necesidad de compatibilizar la política energética (corto plazo) con la política ambiental (largo plazo).
- . Reducida institucionalidad de energías renovables.
- . Necesidad de incentivo público para mejorar el nivel de conocimiento inicial.
- . Incipientes decisiones para financiar proyectos de medición de emisiones.

#### Barreras sociales

- . Rechazo social a los proyectos que modifican el ambiente.
- . Disparidad en la capacidad de pago de los beneficiarios (gran parte de los usuarios de energías renovables están por debajo de la línea de pobreza).

## 2.6 La Energía Solar en Argentina.

En Argentina existen varios grupos que han trabajado en el desarrollo de proyectos referidos a la energía solar, algunos pertenecen a universidades como la de Buenos Aires, La Plata, Río Cuarto y Rosario. Otros se encuentran en institutos del CONICET como el del Centro Regional de Investigaciones Científicas y Tecnológicas (CRICYT) de Mendoza, el Centro de Investigación y Desarrollo en Criotecnología de Alimentos (CIDCA) de La Plata y el Instituto de Investigaciones en Energía No Convencional (INENCO) en la Universidad Nacional de Salta.

El Grupo de Estudios de la Radiación Solar (GERSolar) de la Universidad Nacional de Luján confeccionó cartas de radiación solar en Argentina, con el objetivo de difundir la distribución espacio-temporal de la irradiación solar global incidente sobre la superficie terrestre a fin de optimizar el diseño de sistemas de aprovechamiento de esta fuente de energía. Los mismos serán utilizados más adelante en el proyecto para calcular la energía capaz de obtener con los colectores planos. En las figuras 2.6-1 y 2.6-2 se reproducen las cartas correspondientes a la distribución espacial del valor medio de la irradiación solar global diaria recibida sobre una superficie horizontal en los meses de julio y enero respectivamente.

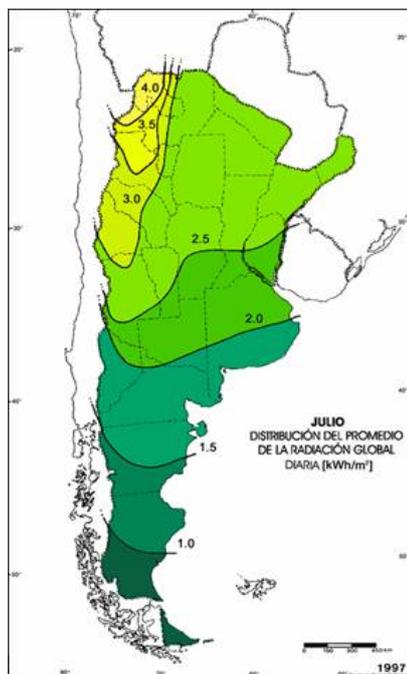


Figura 2.6-1. Distribución de la radiación solar en Argentina en Julio.

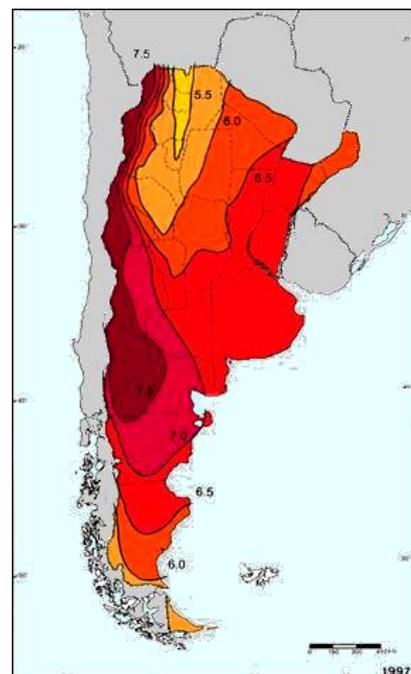


Figura 2.6-2. Distribución de la radiación solar en Argentina en Enero.

El secado solar de productos agropecuarios ha sido objeto de estudios en las universidades de Rosario y de Salta. En la década del 80, en el INENCO, se trabajó en el desarrollo de secadores solares industriales que fueron utilizados como prototipos para el secado de pimienta en los valles Calchaquíes. Estos sistemas se diseñaron con colectores de muy bajo costo para que resultasen convenientes desde el punto de vista económico (Martinez 2006).

Existen también en la Argentina organizaciones como la Asociación Argentina de Energías Renovables y Ambiente (ASADES) cuya función es aglutinar a investigadores, científicos, profesionales, docentes y empresarios involucrados en el aprovechamiento de los recursos renovables para un intercambio de ideas, experiencias y actualización de las tecnologías disponibles en el mercado nacional e internacional. Y el Centro Argentino de Energías Alternativas (CADEA), que tiene su origen basado en el propósito de difundir, promocionar, educar, investigar, vincular y desarrollar todo lo referido a las energías renovables, ya sean objetos, personas, instituciones o empresas.

### **3 EL PROCESO PRODUCTIVO**

#### **3.1 Introducción**

El proceso de deshidratado es un practica de conservación de los alimentos que consiste en evaporar la mayor parte del contenido de agua almacenado en el producto, desde un contenido inicial próximo al 80% de agua se obtienen productos con menos del 25%. Para lograr esta perdida en el contenido de agua del producto se necesita aportar energía para proporcionar el calor de vaporización necesario y lograr la evaporización del agua contenida en los alimentos (Pontin et al. 2005).

Cabe mencionar la diferencia entre secado, método tradicional próximo a la desecación natural (frutos secados al sol directo, por ejemplo) y deshidratación propiamente dicha, una técnica artificial basada en la exposición del material a una corriente de aire caliente.

El deshidratado es uno de los procesos más antiguos de preservación de los alimentos. Con una mínima cantidad de agua, los microorganismos que se encuentran en los alimentos no pueden proliferar y se detienen la mayoría de las reacciones químicas y enzimáticas de alteración.

El deshidratado además de lograr periodos de almacenamiento más largos, también busca mantener intactas las características que definen a los alimentos y debe permitir que el producto final conserve sus propiedades naturales de color, sabor, aroma y esencia (Raichijk et al.).

Una corriente de aire que entra en contacto con los alimentos es la encargada de absorber el agua contenida en ellos, para que esto ocurra el aire debe tener ciertas características que le permitan transportar toda el agua absorbida. Una de estas características es la humedad relativa que debe tener el aire, que como se explicara más adelante en detalle es una medida de cuanta cantidad de agua en suspensión tiene el aire.

### 3.2 Proceso de deshidratado.

El objetivo primordial del proceso de deshidratado es la extracción del agua contenida en un producto, para ello se pueden emplear distintas técnicas, es de interés para este trabajo la técnica de remoción del agua mediante una corriente de aire caliente en contacto con el producto.

La capacidad deshidratante del aire varía según su humedad relativa, la cual a su vez es función de su temperatura. Otro aspecto a considerar es el caudal de aire que circula en presencia del producto.

A continuación se desarrolla el concepto de humedad relativa:

La humedad absoluta ( $H_a$ ) se define como el contenido de vapor de agua por unidad de volumen de aire, y suele expresarse en kilogramos sobre metros cúbicos. La humedad relativa ( $H_r$ ) como puede observarse en la expresión (1) es el cociente entre la humedad absoluta del aire ( $H_a$ ) y la que tendría si estuviera saturado ( $H_s$ ).

$$H_r = \frac{H_a}{H_s} \quad (1)$$

A menor humedad relativa mayor es la capacidad del aire de remover el agua contenida en el producto que se desea deshidratar.

Como se menciono anteriormente la temperatura está ligada a la humedad relativa del aire, a mayor temperatura del mismo mayor será la capacidad de remoción de agua. Cada metro cúbico de aire puede contener una cantidad limitada de agua dependiendo de la temperatura. Cuanto mayor sea la temperatura del aire, mayor será la cantidad de agua que podrá contener. Por ejemplo: el aire a 10°C puede contener aproximadamente como máximo 7,8 gramos de agua por Kg. de aire y el aire a 25°C, puede contener 20 gramos de agua por Kg. de aire (ver Anexo 1).

Cuando el aire tiene un bajo porcentaje de humedad (aire seco) se vuelve ávido de humedad y tiende a tomar agua de los elementos que lo rodean. Por ejemplo el aire seco tomará agua de cualquier otro elemento que contenga un nivel de humedad superior a él. Este intercambio de humedad enriquece al aire de agua y seca los elementos expuestos.

Otra de las variables que influye sobre el secado es la velocidad relativa del aire respecto al producto a deshidratar, de manera que a medida que está aumenta disminuye

la duración del proceso. Sin embargo a partir de cierto valor la velocidad de secado no depende de dicha variable. Esto se debe a que en este caso el factor que controla la velocidad de secado es la difusión del agua a través del sólido, de manera de que, por más que se aumente el caudal de aire no se logra aumentar la velocidad de secado, o lo que es lo mismo, disminuir la duración del proceso (Fito, 2001).

Para expresar el contenido de agua evaporable en un producto, se puede expresar en relación a su masa total o a su masa seca (masa que se obtiene descontando la masa de agua evaporable que contiene). Entonces se define:

Contenido de Humedad en base Húmeda:

$$M = \frac{m - m_s}{m} \quad (2)$$

Contenido de Humedad en base Seca:

$$X = \frac{m - m_s}{m_s} \quad (3)$$

Donde:

m: masa total del producto.

m<sub>s</sub>: masa seca del producto.

### 3.3 Curva de Secado.

Si se mantienen constantes todas las variables y se determina periódicamente el contenido de humedad del producto se obtienen una serie de datos que pueden graficarse en un sistema de ejes cartesianos, de la forma contenido de humedad del material frente al tiempo (tiempo transcurrido desde que comenzó la operación). Esto da lugar a la curva de secado, ver figura 3.3-1.

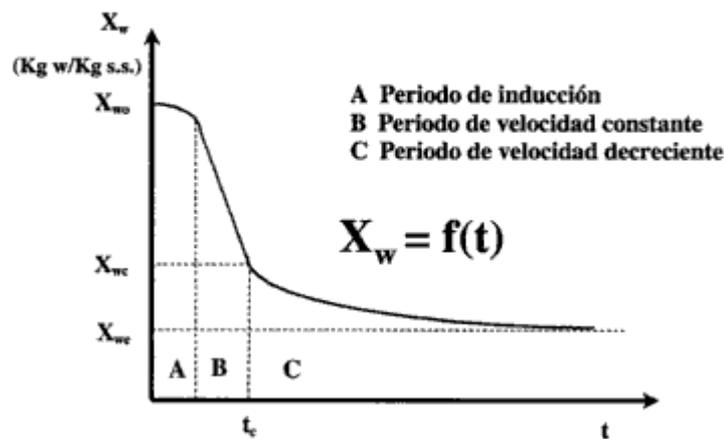


Figura 3.3-1. Curva de secado

El contenido de humedad del sólido durante su desecación muestra tres fases:

*Fase A:* "período de inducción", en la cual las condiciones de la superficie del sólido se equilibran con las del aire de secado. Generalmente es una proporción despreciable del total tiempo total de secado.

*Fase B:* "período de velocidad constante", durante el mismo la superficie del sólido se mantiene saturada de agua líquida debido a que el movimiento del agua desde el interior del sólido hasta la superficie ocurre a la misma velocidad que la de la evaporación en la superficie.

Durante esta etapa la temperatura del aire puede ser un poco mayor que la temperatura crítica que puede alcanzar la hierba, dentro de ciertos límites.

*Fase C:* "período de velocidad decreciente", la superficie del sólido comienza a desecarse porque el agua que aun se halla en su interior encuentra dificultades para llegar a la superficie del sólido.

La temperatura del sólido comienza a elevarse hasta aproximarse a la temperatura del aire de secado cuando el producto se ha desecado totalmente.

### 3.4 El Proceso Productivo

#### 3.4.1 Perejil

La unidad logística en la que se recibe la materia prima difiere en el tipo de mercadería que se está recibiendo. Para el caso del perejil la misma se recibe a granel en unos carros como lo muestra la figura 3.4.1-1, el mismo se descarga en canchas en el suelo para su posterior lavado y utilización. Para conocer la cantidad de materia prima que se está recibiendo, el carro es pesado en una balanza pública que existe en la ciudad.



**Figura 3.4.1-1. Recepción de la mercadería.**

Una vez que la mercadería se encuentra extendida en el suelo se procede a una inspección de la misma, con el fin de detectar algún elemento extraño que se encuentre entre él producto. Es más fácil visualizar la mercadería esparcida en el suelo que amontonada y compactada en el carro.

Una vez hecho el control se procede al lavado de la misma, para eliminar la suciedad y la tierra que se encuentra adherida al producto. El proceso se lleva a cabo en una lavadora por flotación (similar a una pileta larga) y consiste en volcar la materia prima en un extremo de la maquina hacerla circular por el agua y retirarla por el otro extremo ya lavada. El producto que se retira de la lavadora ya se encuentra en condiciones de ser deshidratado, por lo tanto es colocado en cajones y almacenado hasta su utilización en el horno figura 3.4.1-2.



**Figura 3.4.1-2. Producto en cajones.**

La etapa de deshidratado comienza con el vaciado de los cajones sobre una cinta transportadora, la misma es la entrada al horno de deshidratados figura 3.4.1-3. Este es un proceso que se realiza en forma manual y es por ello que es necesario que toda la producción a deshidratar se encuentre disponible al empezar el proceso. Una vez que la mercadería es colocada en la cinta transportadora, la misma circula dentro del horno gracias a una serie de motores eléctricos que se encargan del movimiento de las distintas cintas con que cuenta el horno figura 3.4.1-4.

El proceso de deshidratación se explica con detalle en otra sección del trabajo.



**Figura 3.4.1-3. Entrada al horno.**



**Figura 3.4.1-4. Interior del Horno**

El producto tiene dos partes bien diferenciadas, la hoja y el pistillo. La primera necesita un menor tiempo de deshidratado que la segunda, si se secan el mismo tiempo

una parte queda quemada y la otra con algo de humedad. Es por eso que se realiza el deshidratado en dos pasadas por el horno. Cuando sale el producto del horno en la primera pasada se realiza un proceso para separar la hoja del pistillo que aun se encuentra húmedo. Este proceso se denomina trillado, y consiste en un tambor con la base realizada con chapa perforada y un cepillo en el eje en forma de sinusoide que gira y arrastra el material. Por fricción entre las paredes del tambor y el cepillo, las partes mas secas del producto se desprenden y al ser de menor tamaño caen entre las aberturas de la chapa perforada, ver figuras 3.4.1-5 y 3.4.1-6.



**Figura 3.4.1-5. Detalle de la trilladora**



**Figura 3.4.1-6. Trilladora**

En cambio el pistillo al ser mucho más grande cae al finalizar el tambor. El pistillo que se saca de la trilladora se vuelve a colocar en el horno para realizarle la segunda pasada por el horno de deshidratación, donde luego se le realiza un control de calidad se embolsa y se almacena.

La hoja con pistillo que se obtiene del proceso de trilla se le realiza un control de calidad y luego se la clasifica en un túnel de viento que actúa por acción de gravedad. Consiste en un ventilador que empuja horizontalmente la mercadería, las partículas más pesadas caen primero y las más livianas caen a lo último ver figura 3.4.1-7. Luego se embolsa y almacena.



**Figura 3.4.1-7. Túnel de viento**

A continuación se detalla el proceso productivo del perejil en un diagrama de procesos, ver figura 3.4.1-8.

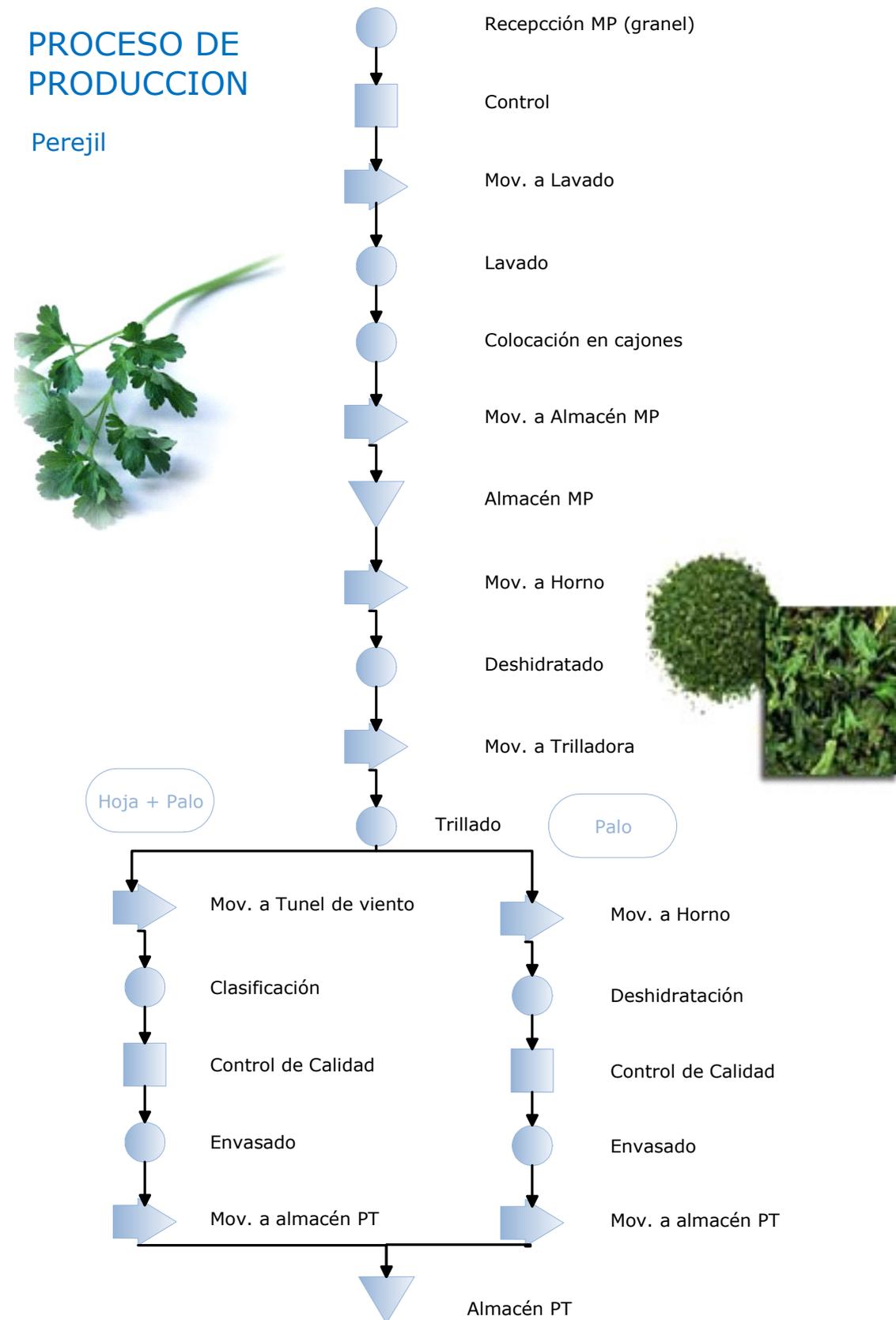


Figura 3.4.1-8. Diagrama de proceso del perejil.

### 3.4.2 Acelga / Espinaca

La producción de espinaca y /o acelga deshidratada comienza con la recepción de la materia prima en cajones plásticos. Los mismos son pesados en una balanza dentro de la planta para controlar la cantidad recibida de mercadería.

Luego se lava la materia prima en la lavadora por flotación y se procede a realizarle un cubeteado, que consiste en cortar la espinaca en cubos, con esto se logra una mayor superficie de contacto entre el producto y el aire y una homogenización del tamaño del mismo. En la figura 3.4.2-1 y 3.4.2-2 se observa este proceso.



Figura 3.4.2-1. Proceso de cubeteado.



Figura 3.4.2-2. Detalle de la mercadería cortada.

Una vez cortado el producto es llevado a la cinta del horno en donde comenzara el proceso de deshidratación, ver figura 3.4.2-3.



**Figura 3.4.2-3. Ingreso de la mercadería al horno.**

Cuando la mercadería sale del horno se le realiza un control de calidad y se envasa, ver figura 3.4.2-4. Este proceso es mucho más simple y cuenta con menos pasos que el del perejil.



**Figura 3.4.2-4. Producto deshidratado.**

En la figura 3.4.2-5 se muestra el diagrama de proceso para la obtención de acelga y/o espinaca.

## PROCESO DE PRODUCCION

Acelga / Espinaca

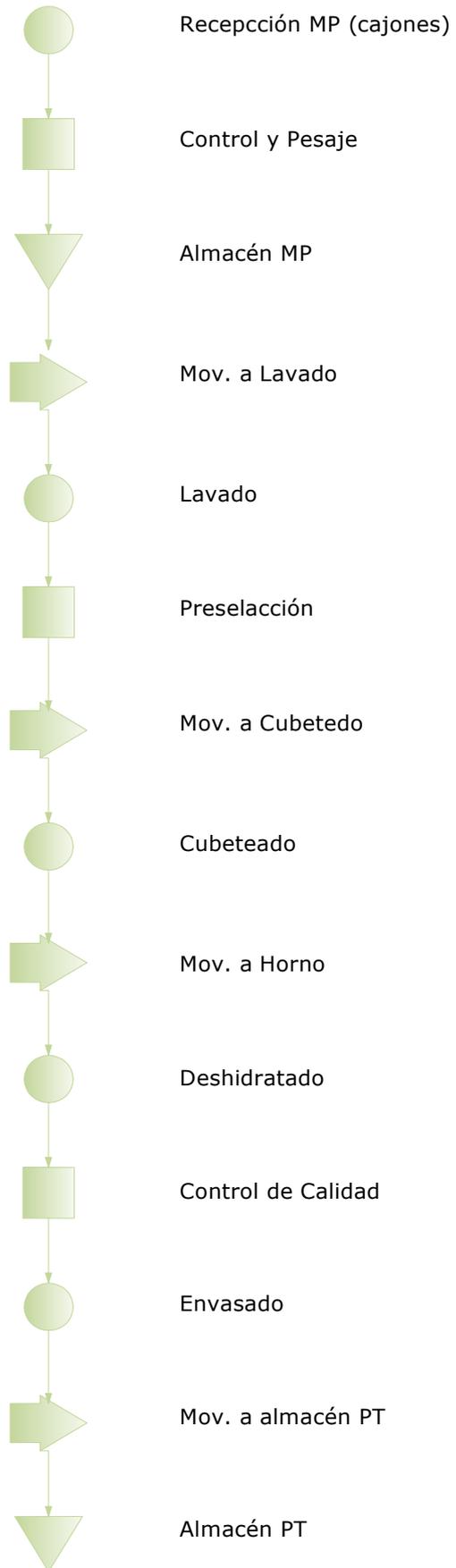


Figura 3.4.2-5. Diagrama de proceso de acelga/espinaca.

### 3. 5 Secadero a cinta transportadora

Es un túnel de desecación en donde el producto húmedo es conducido a través del sistema sobre cintas transportadoras operadas por motores. En estos túneles el flujo de aire cliente es transversal a la cinta transportadora y a la capa de producto. Las cintas dispuestas en paralelo producen el rebatimiento de las hierbas en cada cambio de nivel, logrando un mejor contacto de la superficie del producto con el aire.

Las principales características de este tipo de hornos son:

- 1) El producto debe estar bien subdividido para que permita un buen flujo de aire a través de la capa de producto.
- 2) Se consiguen altas velocidades de desecación.
- 3) El equipo es para volúmenes medianos a grandes de producto y se consiguen valores de humedad relativa entre 10 y 15%



**Figura 3.5-1. Vista del horno de deshidratado**

En la figura 3.5-1 se observa el horno de deshidratado a cinta transportadora que la empresa posee y a continuación se detallan sus principales características:

- . Rendimiento en perejil de 900 a 1000 Kg. de producto fresco hora.
- . Temperatura de trabajo 95<sup>a</sup>.
- . Tiempo de secado 1 hora 30 minuto.
- . Total superficie de secado 84 mts<sup>2</sup>.
- . Sistema doble plano superpuesto con un ancho de 2 mts.
- . Plano superior compuesto por 2 planos de 3 mts cada uno.
- . Plano inferior compuesto por 2 planos de 9 mts cada uno.
- . Extracción del aire húmedo por 3 extractores axiales con motor eléctrico acoplados directamente con salida lateral al exterior.
- . Generador de aire caliente con sistema de fuego directo.
- . Quemador de gas natural de 540.000 Kcal. /hora.
- . Consumo de gas aproximado 60 m<sup>3</sup> /hora.



---

## 4 ANÁLISIS DE FACTIBILIDAD

### 4.1 Análisis técnico.

A continuación se realiza el cálculo del ahorro de energía que se puede lograr utilizando colectores solares en el proceso de deshidratación. El cálculo se realiza en etapas. En primer lugar se determina cual es el consumo actual de energía por parte del horno deshidratador, que tiene como único combustible al gas natural. Con esto es posible conocer la magnitud total de energía requerida por el proceso. Luego se establece analíticamente la cantidad de energía a obtener mediante los colectores solares, utilizando datos de irradiación solar sobre la ciudad de La Plata. Una vez obtenidos estos dos valores se puede calcular que porcentaje de la energía no renovable utilizada actualmente en el proceso es capaz de reemplazarse por energía solar renovable.

#### 4.1.1 Energía necesaria.

Actualmente el único combustible que utiliza el horno es el gas natural. Su consumo promedio es de sesenta metros cúbicos de gas natural por hora. Durante el proceso de deshidratado el horno se encuentra funcionando una jornada laboral de 12 horas por día, lo que representa un consumo diario de 720 metros cúbicos.

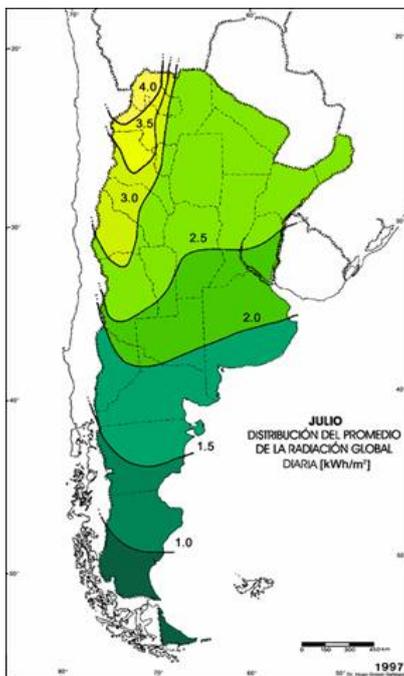
Si a dicho consumo lo multiplicamos por la capacidad calorífica del gas natural, que es de aproximadamente  $9000 \text{ Kcal. /m}^3$ , se obtiene la cantidad de energía diaria que se está consumiendo para el deshidratado del producto. La misma es de 6.480.000 Kcal./día. Para determinar el consumo mensual de energía se toma como base 22 días de trabajo por mes, con lo que se obtiene un consumo mensual de 144.000.000 Kcal./mes, que equivalen a 167.472 Kwh. mensuales.

#### 4.1.2 Energía Solar disponible

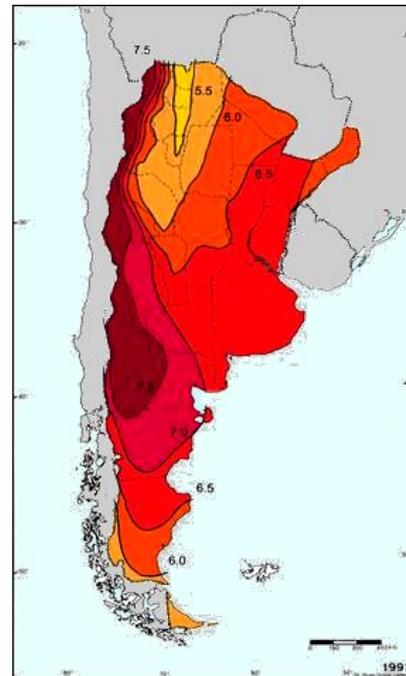
Para determinar la energía solar utilizable se uso la base de datos del programa Censol 4.0 la cual nos permitió conocer la cantidad de energía por metro cuadrado disponible en la ciudad de La Plata, ver anexo 2. El valor utilizado es un promedio

anual, y si bien es sabido que en los meses de verano la irradiación es mayor que en los meses de invierno, para el análisis se divide en valores iguales para los 12 meses. Se utilizaron los datos con una inclinación de  $25^\circ$  con respecto a una superficie horizontal ya que con esta inclinación se obtiene la mayor cantidad de energía total anual, con una inclinación de  $25^\circ$  la energía total anual es de  $1713 \text{ Kwh. /m}^2$  mientras que a nivel suelo la energía total anual es de  $1565 \text{ Kwh. /m}^2$ . El valor mensual de irradiación por metro cuadrado utilizado para el estudio es de  $143 \text{ Kwh}$ .

Dicho valor queda dentro de los límites mostrados anteriormente en las cartas de radiación solar del GERSolar para los meses de julio y enero, los mismos si se consideran 30 días por mes son de  $60 \text{ Kwh}$ . para el mes de julio, ver figura 4.1.2-1, y de  $195 \text{ Kwh}$ . para el mes de enero, ver figura 4.1.2-2.



**Figura 4.1.2-1. Distribución de la radiación solar en Argentina en Julio.**



**Figura 4.1.2-2. Distribución de la radiación solar en Argentina en Julio.**

A continuación se muestra la tabla 4.1.2-1, en donde se determina la cantidad de energía que se obtiene según la superficie del colector y que porcentaje representa dicha energía con respecto a la necesaria mensualmente.

Superficie [m2]	Energía [Kwh.]	Porcentaje de ahorro
100	14.300	8,5%
300	42.900	25,6%
500	71.500	42,7%
700	100.100	59,8%
900	128.700	76,8%
1.171	167.472	100,0%

**Tabla 4.1.2-1. Relación entre superficie y energía**

### 4.1.3 Energía solar utilizable

Los valores de energía captada o disponible son en condiciones ideales de funcionamiento y no tienen en cuenta el rendimiento de los colectores solares. Para determinar el rendimiento de los colectores solares es necesario definir ciertos parámetros operativos del mismo, como la temperatura del aire a la entrada, la temperatura de trabajo o a la salida y el flujo de aire que circula por el colector.

Para continuar con la determinación del ahorro de energía es necesario determinar el tipo de colector a utilizar para conocer su rendimiento. El análisis se llevará adelante con los datos de un colector de techo (Luis Saravia, 2006), que está construido directamente sobre el techo de la nave industrial fabricado con chapas metálicas onduladas. Las mismas son pintadas de negro mate y utilizadas como absorbedores. Se coloca por debajo un aislamiento térmico y por arriba una estructura que sostiene una cubierta de plástico.

La elección de este tipo de colector para el proyecto se debe a que se dispone de información suficiente sobre su rendimiento y dado que no existen en el mercado colectores de grandes dimensiones, resulta factible la posibilidad de la construcción del mismo.

Las características del colector son:

- Largo del módulo: 3m, Ancho del módulo: 0.94 m, Altura del ducto de aire: 0.05 m.
- Superficie de absorción: Planchas onduladas de 3 m de largo por 0.94 m de ancho.
- Cubierta: plástico transparente de 100 micrones de espesor.
- Aislamiento: poliuretano de 25 mm de espesor.

Las medidas realizadas sobre el colector dan las siguientes características:

- Flujo de aire por m<sup>2</sup> de colector: 0.012 Kg. / s m<sup>2</sup>.
- Temperatura de entrada: ambiente.
- Temperatura de salida: 50 C.
- Eficiencia: 50%.

Tomando como base para la construcción del colector de techo la superficie total de la nave industrial actual, se pueden transformar 300 m<sup>2</sup> del techo como un colector con las características antes mencionadas.

En este caso, el ahorro de energía sería del orden de 21.000 Kwh. por mes, lo que equivaldría a 2000 m<sup>3</sup> de gas por mes, cerca de un 13% del total de gas consumido mensualmente. Este valor es menor que el calculado previamente que era de un 25.6% debido a que se tuvo en cuenta el rendimiento del colector en un 50%.

## 4.2 Análisis Económico-Financiero

Para determinar la factibilidad del proyecto es necesario evaluar los resultados económicos y financieros del mismo, conocer cuales van a ser sus flujos de fondos futuros a fin de poder aplicar las herramientas de evaluación de proyectos (TIR, Van).

Hay que mencionar que al ser el proyecto una mejora del proceso existente y no un proceso distinto al que la empresa ya venia utilizando, tanto los costos de operación y mantenimiento como los beneficios que se generan son marginales.

Al armar el flujo de fondos asociado al proyecto hay que tener en cuenta tres aspectos importantes, la inversión inicial requerida para que el proyecto pueda comenzar, los ingresos periódicos que permiten recuperar la inversión y generar una rentabilidad y los gastos propios de la operación y el mantenimiento que se generan por existir el proyecto.

El primero de los aspectos a considerar en el armado del flujo de fondos es la inversión requerida, principalmente los colectores solares. Como en nuestro análisis los mismos van a ser construidos en la planta la inversión se divide en dos parte una que denominamos equipo y contiene todos los materiales y elementos necesarios para la fabricación y montaje, y por otra parte la mano de obra necesaria para el mismo fin.

El segundo aspecto a tener en cuenta son los beneficios económicos que se obtienen por realizar el proyecto. Estos son considerados el ahorro que se genera al utilizarse menos combustible fósil.

El último concepto que se utiliza para el cálculo del flujo de fondos son los gastos que surgen por la operación y mantenimiento de los equipos. Estos gastos no existirían de no existir el proyecto.

### 4.2.1 Inversión

Para determinar el monto de la inversión se calcula en forma estimada cual sería el costo de fabricación de los colectores considerando como se menciono anteriormente los gastos en materiales y equipos, como pueden ser ventiladores, perfiles, material aislante, cubierta y la mano de obra necesaria para el armado de la estructura y montaje de todos los elementos auxiliares.

El costo del sistema propuesto se conforma por:

- La estructura de soporte, cuyo objetivo es contener el aire y sujetar la cubierta transparente sobre el techo.
- La pintura necesaria para el techo, conforma la superficie absorbente del colector.
- Los conductos distribuidores de aire de ingreso y egreso al sistema el sistema.
- El aislamiento térmico, para retener el calor.
- El sistema de impulsión (ventilador).
- Elementos de control.

A continuación en la tabla 4.2.1-1 se muestra el detalle de los costos de fabricación y el valor total requerido para la inversión para una superficie de 300 m<sup>2</sup> definida previamente.

<b>Costos del Fabricación</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Unidades</b>	<b>Material</b>	<b>MO</b>	<b>Costo Total</b>
<i>Estructura de soporte</i>	300	m <sup>2</sup>	\$ 6.720	\$ 4.500	\$ 11.220
<i>Pintura</i>	300	m <sup>2</sup>	\$ 1.020	\$ 1.080	\$ 2.100
<i>Cubierta transparente</i>	300	m <sup>2</sup>	\$ 600	\$ 300	\$ 900
<i>Conductos colectores de chapa</i>	120	m	\$ 2.400	\$ 1.230	\$ 3.630
<i>Aislación térmica lana de vidrio</i>	300	m <sup>2</sup>	\$ 349	\$ 270	\$ 619
<i>Sistema de impulsión</i>	global		\$ 6.000	\$ 4.000	\$ 10.000
<i>Controles</i>	global		\$ 2.500	\$ 1.500	\$ 4.000
<b>Costo TOTAL</b>					<b>\$ 32.469</b>

Tabla 4.2.1-1. Costos de fabricación

La inversión necesaria para la construcción y montaje de los colectores con una superficie de 300 m<sup>2</sup> es de **\$ 32.469**.

#### 4.2.2 Ingresos

Como se menciono anteriormente los ingresos que se van a percibir gracias al proyecto son los referidos al ahorro en el consumo de gas natural, provocado por la implementación de los colectores solares.

Para determinar dicho valor en forma de dinero, se calcula cual va a ser el volumen de gas que se deja de consumir gracias a la implementación del proyecto y se valúa dicho volumen con el precio por metro cúbico que tiene el combustible. El volumen de gas que se ahorra con el proyecto se determino anteriormente mediante el análisis de energía disponible en los colectores, el mismo es 2000 metros cúbicos al mes.

En la Argentina el precio del gas natural se encuentra diferenciado entre el gas entregado por las distribuidoras y el gas comercializado directamente entre productores y consumidores. El primero se encuentra subsidiado por el gobierno mientras que en el segundo el precio se rige básicamente por las leyes de oferta y demanda, llegando el mismo a precios comparables a los de exportación.

La empresa actualmente compra gas a una distribuidora (Camuzzi Gas Pampeana S.A.) por lo que el precio que paga por su combustible se encuentra subsidiado, es similar al que pagan los usuarios residenciales. Para valuar el volumen de gas ahorrado se utilizara el valor que se paga actualmente por el gas natural, que es 0.2268 \$/m<sup>3</sup>. El monto mensual que se ahorra debido a la implementación del proyecto es de \$ 445.

Hay que mencionar que los precios de la energía en Argentina son de los mas bajos que se pagan en la región y que el gobierno esta obligando cada vez más a las industrias a comprar el gas directamente a los productores, por lo que se espera que el precio pagado actualmente aumente en un futuro, hasta equipararse con la tarifa industrial para la pymes que actualmente es de 0.3969 \$/m<sup>3</sup> (ADIGAS).

### 4.2.3 Gastos

Los gastos que surgen por la operación y mantenimiento de los equipos instalados a causa de la implementación del proyecto consisten básicamente en la limpieza y mantenimiento de la cubierta protectora de los colectores y alguna reparación imprevista de los sistemas de control, la misma se realizará cada dos años.

La operación del horno no sufre modificaciones por lo que no se incurren en nuevos gastos a causa del proyecto. El valor del mantenimiento cada dos años se estima en \$ 4000.

### 4.2.4 Valuación

A continuación se evaluará la factibilidad del proyecto, para ello se construye el flujo de fondos del proyecto. En la tabla 4.2.4-1 se muestran los valores que se tienen en cuenta para armar el mismo. Se considera para el análisis que a partir del año 5 los valores en el precio del gas sufren el aumento antes mencionado.

Año	0	1	2	3	4	5	...	15
<b>Inversión</b>	-32000	0	0	0	0	0	...	0
<b>Ingresos</b>	5340	5340	5340	5340	5340	9564	...	9564
<b>Gastos</b>	0	0	0	-4000	0	0	...	-4000
<b>Total</b>	-26660	5340	5340	1340	5340	9564	...	5564
<b>Acumulado</b>	-26660	-21320	-15980	-14640	-9300	264	...	79904

Tabla 4.2.4-1. Flujo de fondos

Para determinar el valor actual neto del proyecto (VAN) se utiliza como costo de capital del proyecto una tasa del 15%, la misma al ser el proyecto íntegramente financiado por los dueños de la planta se considera la TREMA, la tasa de retorno esperada por el accionista.

El valor actual neto que arroja el proyecto con la TREMA del 15% es de \$12,550.57 y una TIR de 17.2%. Hay que mencionar que para el cálculo luego del año 15 se considera un valor de perpetuidad, ya que se considera que el mismo va a seguir funcionando en el futuro.

A continuación se muestra en el gráfico 4.2.4-1 el flujo de fondos del proyecto para 15 años y el acumulado de los mismos. Se puede observar que el periodo de repago del proyecto se alcanza en el año 5.

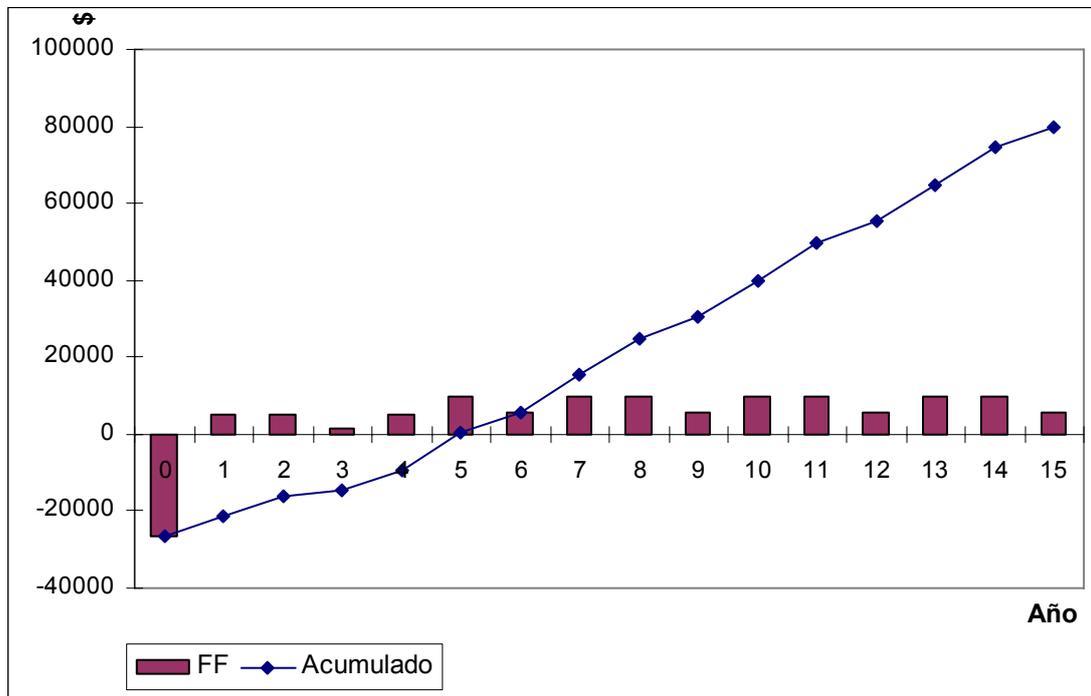
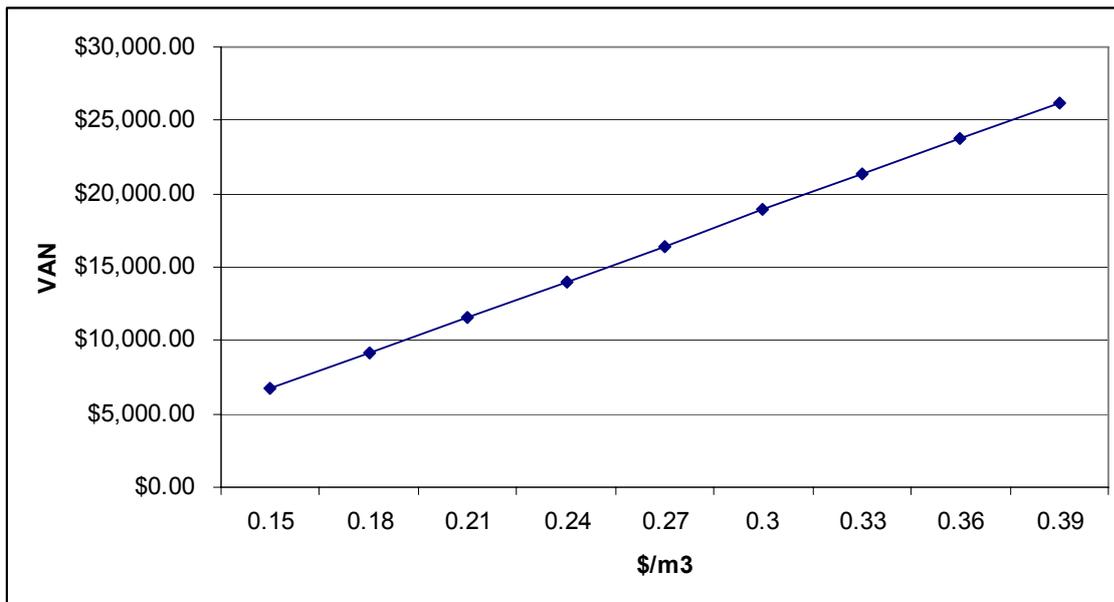


Gráfico 4.2.4-1. Flujo de fondos

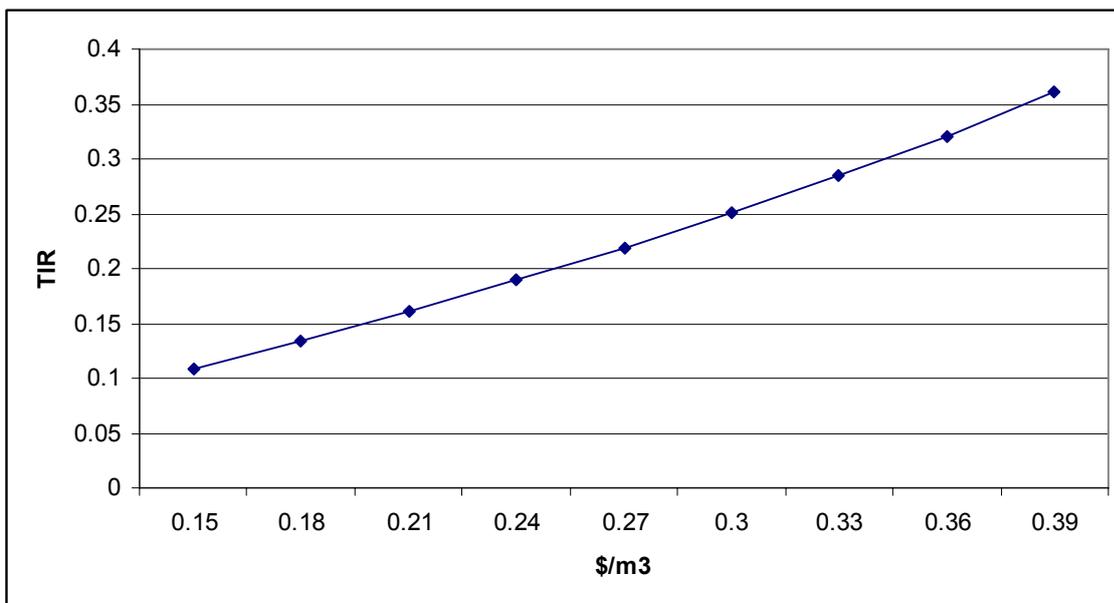
#### 4.2.5 Análisis de Sensibilidad

Como se menciono anteriormente, el gas natural es el principal insumo de la empresa y es el que afecta el resultado del proyecto. Es por eso que se realiza un análisis de sensibilidad del TIR y el VAN variando el precio que puede tener el gas natural.

Si se le otorgan diferentes valores al costo de la materia prima se puede ver que la variación del VAN y la TIR con respecto a la misma es la que se muestra en los gráficos 4.2.5-1 y 4.2.5-2.



**Gráfico 4.2.5-1. Análisis de sensibilidad del VAN**



**Gráfico 4.2.5-2. Análisis de sensibilidad de la TIR**

Se observa que la relación entre los indicadores y el precio del gas natural es directamente proporcional, a medida que el precio del gas aumenta los valores de los indicadores también aumentan. Este comportamiento era esperable debido a que el principal ingreso del proyecto es el ahorro que se produce por consumir menor cantidad de gas natural, si el precio del gas aumenta y el ahorro en volumen se mantiene constante, el ahorro expresado en valor monetario va a ser mayor.

---

## 5 CONCLUSIONES

En el presente proyecto se analizó la posibilidad de utilizar energía solar térmica instalando en una planta de deshidratado de alimentos colectores solares planos. El objetivo principal de este trabajo es lograr un ahorro en el consumo de gas natural, principal combustible del horno de deshidratados. Se analizaron aspectos técnicos y económicos relevantes para el proyecto con el fin de determinar la viabilidad del mismo.

Dentro de los factores técnicos que se estudiaron, uno de los más importantes es la radiación incidente del lugar. Este aspecto básicamente determina cuanta energía térmica hay disponible para utilizar. Por un lado, si la radiación incidente en el área es escasa será necesaria una mayor superficie de captación para poder lograrla. Esto en ciertos casos se convierte en una limitante dado que se puede no contar con el espacio físico necesario para ubicar los colectores solares planos.

Por otro lado, cabe mencionar que la radiación incidente del lugar presenta una alta dependencia de los agentes climáticos de la zona en la cual se van a instalar los colectores (lluvias, nubes, nieblas, etc.). Si no se cuenta con las condiciones climáticas adecuadas para este proceso, esta actividad no se puede llevar a cabo a menos que se cuente con elementos de almacenamiento de energía o combustibles alternativos.

Otro inconveniente técnico del uso de energía solar directa consiste en el hecho de que el proceso de deshidratado no puede ser llevado a cabo durante las veinticuatro horas del día. Por lo que es indispensable, si se pretende trabajar durante la noche, contemplar como en el caso anterior la necesidad de instalar elementos capaces de almacenar energía durante el día para liberarla por la noche. Esto provoca un aumento en el costo de instalación del proyecto.

Para el caso particular de la empresa bajo análisis, se concluye que los aspectos técnicos mencionados anteriormente no representan un impedimento para la instalación de los colectores solares planos. Aunque cabe mencionar que la locación estudiada no es la más óptima dentro del territorio Argentino, siendo los lugares que mayor viabilidad técnica presentan en el país las localidades del noroeste Argentino.

Los requisitos técnicos del proyecto afectan directamente su viabilidad económica. Al definir la superficie de captación de los colectores solares planos queda determinada la inversión necesaria y la energía lograda a través de mismos. Con la energía obtenida se calcula el volumen de gas natural que se logra ahorrar. Una vez

determinado dicho volumen, y teniendo en cuenta el precio que paga la empresa por este insumo, se determinó el ahorro que se produce. Dicho ahorro económico se considera como un ingreso para el proyecto. Utilizando los valores antes mencionados se realizó un análisis económico del proyecto y se calculó el valor actual neto y la tasa interna de retorno del mismo. El valor actual neto que arroja el proyecto con una TREMA del 15% es de \$12,550.57 y una TIR de 17.2%, dichos valores determinan que el proyecto es factible económicamente.

Como conclusión sobre este punto hay mencionar la alta dependencia que tiene actualmente la empresa sobre el gas natural. Este insumo es crítico y una acción que logre reducir su consumo es favorable.

Para finalizar, cabe señalar que con la situación actual que está viviendo el mundo con exceso de demanda de energía, un alza en los precios de los alimentos, una mayor conciencia ecológica y una tendencia hacia el uso de energías renovables, la utilización de la energía solar térmica como complemento para precalentar el aire utilizado en el proceso de deshidratación es aconsejable.

Gracias a esta implementación se conseguirá un ahorro en el consumo de gas natural en el horno de deshidratados, que a su vez se transmitirá en un ahorro en el costo de producción lo que generará una mayor rentabilidad en el proceso. También se creará un proceso más amigable con el medio ambiente, debido a que se obtiene el mismo producto final quemando menos combustibles fósiles.

## 6 APLICACIONES DE LA TECNOLOGÍA

Esta tecnología no es solo aplicable para el proceso de deshidratado industrial de alimentos, sino que también se puede transferir y adaptar a cualquier proceso que requiera la utilización de energía térmica.

En primer lugar hay que diferenciar lo que es el secado natural del deshidratado industrial. El secado natural consiste en una elaboración más artesanal del producto deshidratado, que cuenta con una menor escala de producción y no cuenta con combustibles de soporte. Está es una aplicación de la tecnología muy difundida sobre todo en ambientes rurales y para consumo propio. En la figura 6-1, se puede observar uno ejemplo de los equipos utilizados para este propósito, en donde se aprecia la utilización de un colector solar plano como elemento captador de la energía solar térmica (Alihuen).



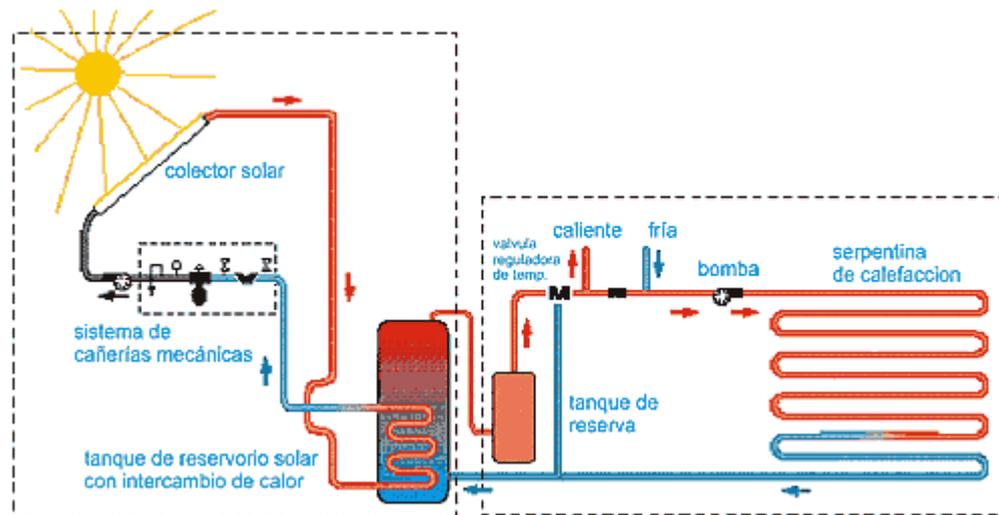
**Figura 6-1. Secador solar.**

Como se explico anteriormente en el trabajo, los colectores solares planos tienen la propiedad de entregar calor a un fluido, en el presente trabajo su utilizo el aire debido a que es el elemento que luego se utiliza para extraer el agua contenida en los productos. Pero también existe la posibilidad de utilizar como elemento transportador de la energía térmica al agua, que tiene como principal ventaja respecto al aire una mayor capacidad de transmisión de calor, ya que puede llevar hasta 5 veces más calor por unidad de masas que el aire (Su calor específico es de 1 cal/gr. frente a la del aire que es de 0.24

cal/gr.). Por otro lado la densidad del agua es también mayor que la del aire siendo de 1000 Kg./ m<sup>3</sup> frente a los 1,225 Kg. /m<sup>3</sup> (valor para aire seco a nivel del mar a temperatura de 15 grados a presión atmosférica estándar). De acuerdo con estos datos, significa que necesitaremos aproximadamente 3 400 veces más volumen de aire que de agua para transportar la misma cantidad de calor. (Sitiosolar).

Es por esta razón que uno de los principales usos de los colectores solares planos es el calentamiento del agua para uso domestico, tanto para calefacción como agua caliente sanitaria. Se estima que el 80% del consumo energético de una vivienda se produce en forma de agua caliente a baja temperatura (considerando calefacción por agua caliente). De este consumo, aproximadamente el 70% se emplea en calefacción (IDAE). Es por esto que uno de los principales puntos para lograr un ahorro energético dentro de las viviendas es la calefacción.

El uso de los colectores solares para el calentamiento del agua en los hogares junto con la utilización de un tanque que permita almacenar el calor, permite que se utilicen conjuntamente los sistemas de agua sanitaria y agua para calefacción como se muestra en la figura 6-2.



**Figura 6-2. Sistema de calefacción por energía solar**

Para terminar, podemos mencionar que para la utilización de los colectores solares planos en cualquier proceso que requiera de energía térmica es necesario tener en cuenta los diferentes aspectos tratados en el presente trabajo, como son la radiación disponible del lugar, la superficie necesaria de captación y la inversión requerida para dicha superficie. Cada caso debe ser analizado en particular pero todos estos aspectos se deben tener en cuenta a la hora de determinar si es posible o no su implementación.

## **PALABRAS FINALES**

Para finalizar el trabajo quisiera hacer una reflexión final sobre la situación actual que está atravesando el mundo en relación con el medio ambiente, el efecto invernadero y el uso de energías renovables.

Una de las responsabilidades más grandes que tiene el hombre como individuo y como integrante de la sociedad, es poder asegurar sus necesidades presentes, sin comprometer la capacidad de que las generaciones futuras puedan satisfacer las suyas. Para poder lograr este desarrollo sustentable es preciso tomar *conciencia* de las necesidades de las generaciones futuras y que asumir el *compromiso* de dejarles a las mismas un planeta en condiciones de poder asegurar las mismas.

En mi opinión muchos países ya han asumido su compromiso y están actuando en consecuencia, el ejemplo más relevante de esto es la firma del protocolo de Kyoto, gracias al cual muchos países están volcando la generación de energía a fuentes alternativas como la energía solar, con el objetivo de reducir la emisión de gases de efecto invernadero.

Es por eso que creo que la energía solar, trasciende la aplicación desarrollada en el presente trabajo, ya que se presenta como uno de los principales recursos para poder lograr un desarrollo sustentable. La misma además de lograr un ahorro en el consumo de energías fósiles como el gas natural, presenta las siguientes ventajas:

- Es inagotable.
- Genera un mínimo impacto sobre el medio ambiente.
- No genera residuos difíciles de tratar, ni gases contaminantes.
- Utiliza recursos que no se agotan y tecnologías limpias en su producción.
- Genera puestos de trabajo en su construcción, mantenimiento y explotación.

Para concluir, quiero destacar que usar racionalmente las fuentes de energía, reducir las emisiones de gases con efecto invernadero, aumentar la concienciación en el ahorro y la eficiencia energética en todos los sectores y desarrollar los usos y aplicaciones de las energías renovables son los compromisos y obligaciones que debemos asumir todos para lograr un mundo mejor.



---

**BIBLIOGRAFIA**

Tipler, Paul A. 2001. Física para la ciencia y la tecnología. Cuarta edición, volumen 1. Barcelona: Reverté.

Kreider, Jan F.; Kreith, Frank. 1975. Solar Heating And Cooling. 342 páginas. New York: Mcgraw Hill.

Secretaría de energía. 2006. Energías renovables, Situación actual. Buenos Aires: Dirección Nacional de promoción.

Fundación Bariloche. 2007. Escenario socioeconómico y prospectiva de la demanda final sectorial para el plan estratégico de energía (2004-2025). Bariloche: Fundación Bariloche.

Martinez, Ana Belén. 2006. Estudio sobre energías renovables en Argentina. Madrid: Consejería de economía e innovación tecnológica.

Guzowski, Carina y Recalde, Marina. 2006. El problema de abastecimiento energético en Argentina: Diagnóstico y perspectivas.

Puig, Pep y Jofra, Marta. 2006. Energías renovables para todos, Solar Térmica. Madrid: Haya Comunicación.

Gagliardi, Cristian Gabriel. 2003. Energías renovables en la Republica Argentina. Buenos Aires: Emma Fiorentino.

Bardou, Patrick y Arzoumanian, Varoujan. 1980. Sol y Arquitectura. 171 páginas. Barcelona: Gustavo Gili.

Pedro, Fito. 2001. Introducción al secado de alimentos por aire caliente. Valencia: Universidad Politécnica de Valencia.

Mario, Ortega Rodríguez. 2000. Energías Renovables. 328 Páginas. Editorial Paraninfo.

Quadri, Nestor Pedro. 1991. Energía Solar. 151 páginas. Buenos Aires: Alsina.

Luis Saravia. 2006. Ingeniería del secado solar. Red Iberoamericana de secado solar de productos agroalimentarios, RISSPA.

Universidad de Jaén, Grupo de investigación y desarrollo en energía solar y automática, <http://www.ujaen.es/investiga/solar/07cursosolar/index.htm> (Consultado: 28/06/2008).

Sitiosolar, Portal de energía solar térmica, fotovoltaica y eólica, <http://www.sitiosolar.com/>, (Consultado: 15/04/2008).

ADIGAS, Asociación de Distribuidores de Gas de la República Argentina, <http://www.adigas.com.ar/>, (Consultado: 21/05/2008).

Alihuen, Asociación Civil Alihuen, <http://www.alihuen.org.ar/>, (Consultado: 09/07/2008).

IDAE, Instituto para la Diversificación y el Ahorro de la Energía, <http://www.idae.es/>, (Consultado: 09/07/2008).

## **ANEXOS**

**ANEXO 1**

Cada kg de aire puede contener una cantidad limitada de gramos de agua dependiendo de la temperatura. Cuanto mayor sea la temperatura del aire, mayor será la cantidad de agua que podrá contener.

El agua esta formada por átomos de hidrógeno y átomos de oxígeno, cuando se unen dos átomos de hidrógeno con uno de oxígeno se forma una molécula de agua. Los átomos de hidrógeno se encuentran sueltos en el aire, o formando moléculas cuando están enlazados con átomos de oxígeno.

Cuando el aire se calienta, los enlaces que forman las moléculas se rompen, y dejan de ser vapor acuoso, la cantidad de moléculas que se evaporan está en función con el aumento de la temperatura y está controlado por la presión que forman los átomos liberados. Cuando el aire se enfría, baja la presión interna del aire y los átomos vuelven a convertirse en moléculas.

Cuando todos los átomos de hidrógeno existentes en el aire estén enlazados con átomos de oxígeno se encontrarán formadas todas las moléculas de agua posibles, entonces la humedad relativa del aire será del 100%, esta situación es llamada punto de saturación o punto de rocío.

Cuando la mitad de los átomos de hidrógeno existentes en el aire estén enlazados con átomos de oxígeno se encontrarán formadas la mitad de las moléculas de agua posibles, entonces la humedad relativa del aire es del 50%.

Humedad relativa es, pues, la relación entre la cantidad de agua existente en forma de vapor acuoso y la cantidad de agua que existiría si todas la moléculas estuviesen formadas.

Si el aire alcanza su punto de saturación (100% de humedad) y se sigue enfriando, entonces se produce la decantación del agua, es cuando el agua se hace perceptible a nuestros sentidos, es el rocío que vemos sobre las plantas después de una noche fría, o el agua que moja las paredes de un vaso que contiene un líquido frío y, como no, la propia lluvia.

La figura 1, se trata de una síntesis del diagrama psicrométrico de Mollier, en el se ilustra la evolución de la humedad y de la temperatura en todos sus puntos; en este diagrama, las líneas verticales corresponden al contenido de agua en gramos y va desde 0 a 28 gramos por kg de aire, las líneas horizontales corresponden a las temperaturas y

va desde  $-18^{\circ}\text{C}$  hasta  $+53^{\circ}\text{C}$  y las líneas curvas corresponden al porcentaje de humedad relativa y van desde el 10% al 100%.

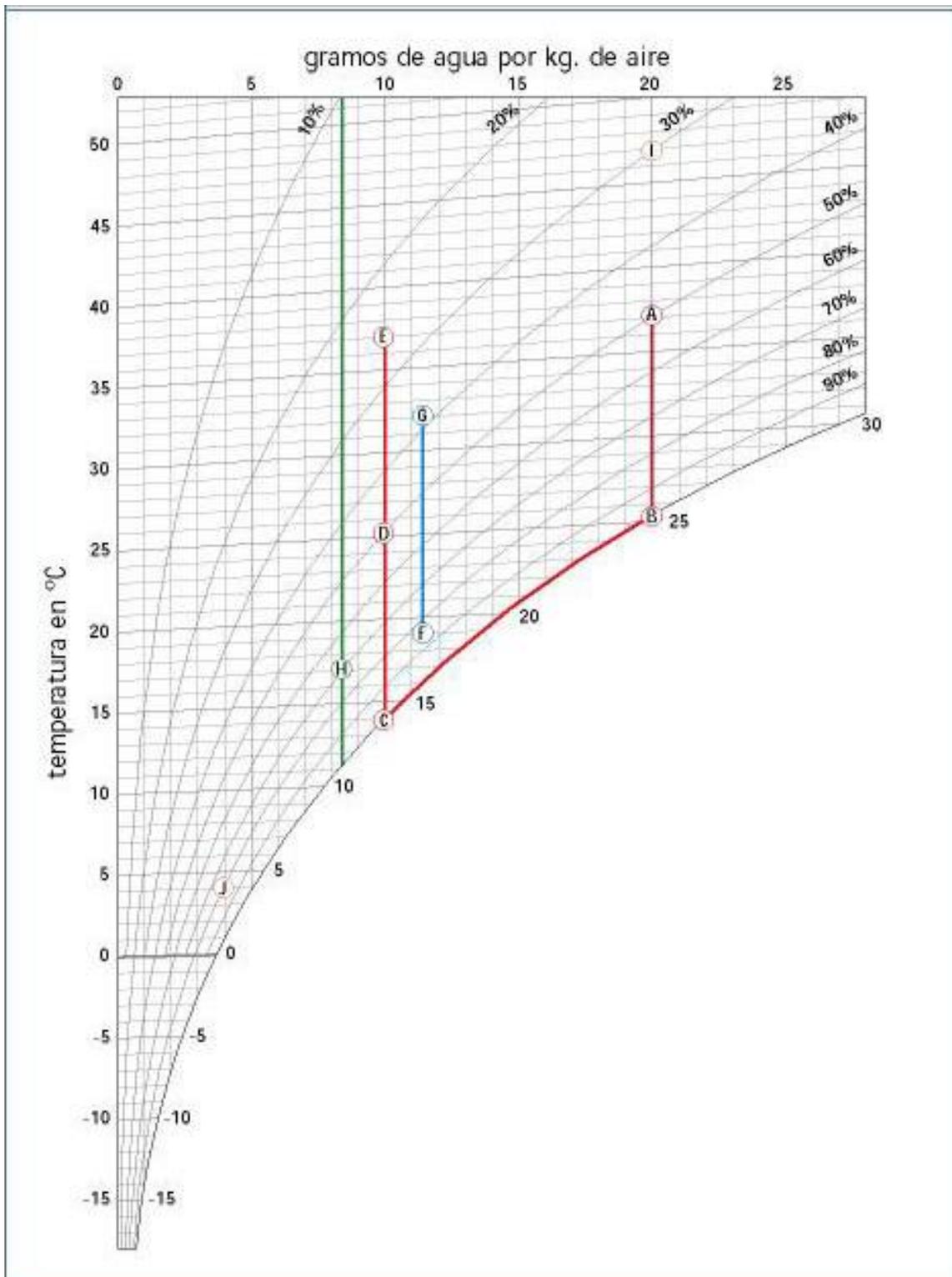


Figura 1. Diagrama psicrométrico de Mollier.

## ANEXO 2

Como se mencionó en el cuerpo del trabajo, para determinar la energía solar utilizable en la ciudad de La Plata, se utilizó la base de datos de irradiación del programa Censol 4.0.

En la misma se indica la cantidad de energía por metro cuadrado disponible dependiendo de la inclinación de los colectores. En la figura 2 se muestran la pantalla del programa y los datos para los valores a nivel de superficie de la irradiación. En la figura 3 se muestran los valores que se utilizaron considerando una inclinación de 25° con respecto a la horizontal, esta inclinación es la que maximiza la energía total anual.

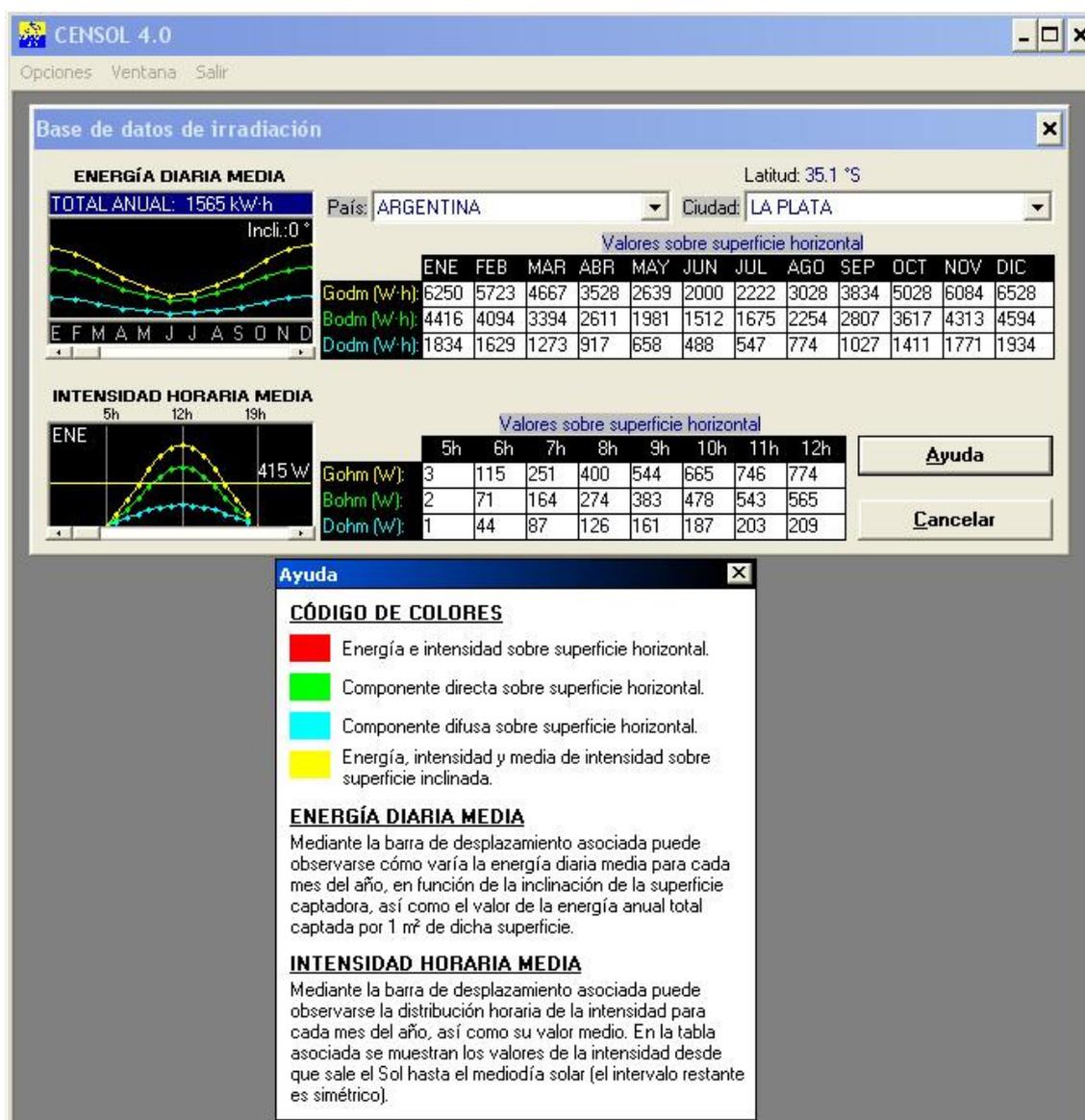


Figura 2. Pantalla del programa Censol 4.0.

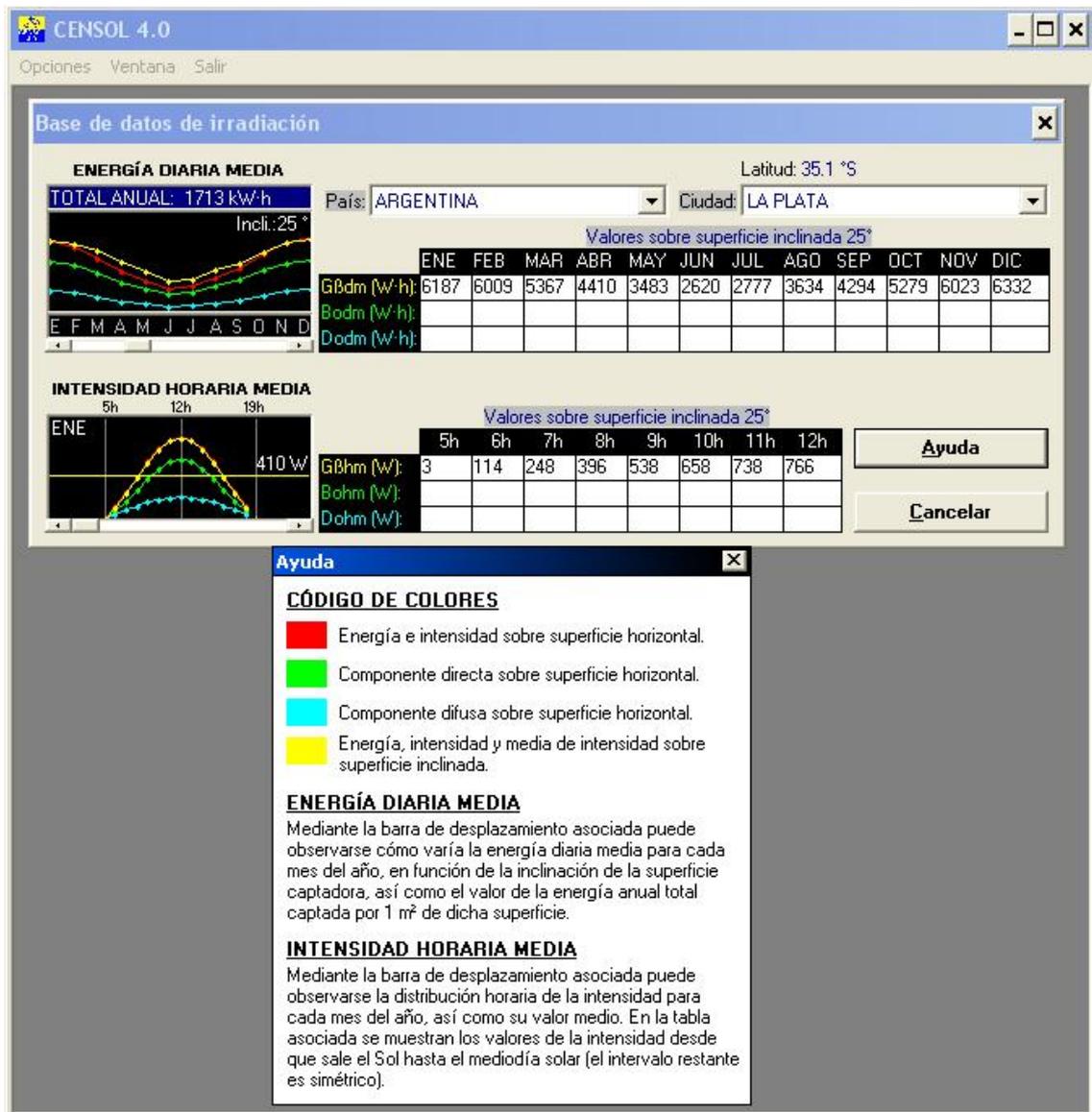


Figura 3. Pantalla del programa Censol 4.0.