



Conference: Congreso Interdisciplinario de Energías Renovables -  
Mantenimiento Industrial - Mecatrónica e Informática

*Booklets*



**RENIECYT**

Registro Nacional de Instituciones  
y Empresas Científicas y Tecnológicas

2015-20795

**CONACYT**

RENIECYT - LATINDEX - Research Gate - DULCINEA - CLASE - Sudoc - HISPANA - SHERPA UNIVERSIA - E-Revistas - Google Scholar  
DOI - REBID - Mendeley - DIALNET - ROAD - ORCID

# Title: Diseño de un sistema de refrigeración para el almacenamiento de carne utilizando energía solar fotovoltaica

**Author:** Julio VALLE HERNÁNDEZ

**Editorial label ECORFAN:** 607-8324  
**BCIERMIMI Control Number:** 2017-02  
**BCIERMIMI Classification (2017):** 270917-0201

**Pages:** 20  
**Mail:** [julio\\_valle@uaeh.edu.mx](mailto:julio_valle@uaeh.edu.mx)  
**RNA:** 03-2010-032610115700-14

**ECORFAN-México, S.C.**  
244 – 2 Itzopan Street  
La Florida, Ecatepec Municipality  
Mexico State, 55120 Zipcode  
Phone: +52 1 55 6159 2296  
Skype: ecorfan-mexico.s.c.  
E-mail: [contacto@ecorfan.org](mailto:contacto@ecorfan.org)  
Facebook: ECORFAN-México S. C.

**Twitter:** @EcorfanC

[www.ecorfan.org](http://www.ecorfan.org)

### Holdings

Bolivia	Honduras	China	Nicaragua
Cameroon	Guatemala	France	Republic of the Congo
El Salvador	Colombia	Ecuador	Dominica
<b>Peru</b>	<b>Spain</b>	<b>Cuba</b>	<b>Haití</b>
Argentina	Paraguay	Costa Rica	Venezuela
Czech Republic			

# Resumen

- El trabajo consiste en el diseño de un sistema frigorífico para el almacenamiento de carne de res que utilice energía solar fotovoltaica.
  - Análisis de cargas térmicas asociadas al proceso biológico.
  - Diseño de las cámaras frigoríficas.
  - Dimensionamiento fotovoltaico interconectado a la red eléctrica para satisfacer la demanda energética.

*San Juan del Río, Qro. 27 al 29 de septiembre del 2017.*

# Introducción

- REFRIGERACIÓN

- Asegurar inocuidad y prolongar su vida útil.

- 90% de alimentos consumidos en países desarrollados
- 55% en Latino América

- Carne de res

- Proceso de conversión del músculo

- Fase “pre-rigor”
- Fase “rigor-mortis”
- Fase “post-rigor” o maduración de la carne.

*San Juan del Río, Qro. 27 al 29 de septiembre del 2017.*

Pre-rigor

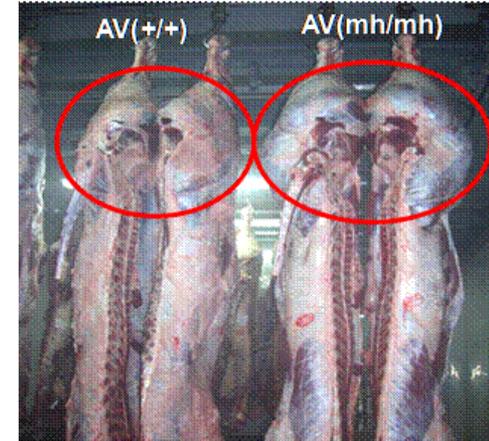
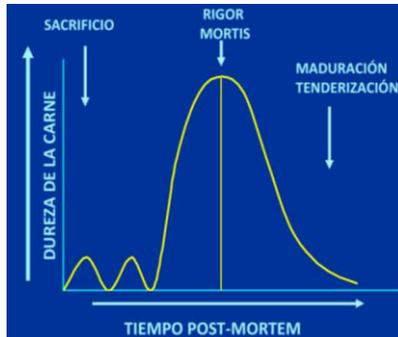
- Ocurre inmediatamente después del sacrificio del animal, en esta fase la llegada de oxígeno y nutrientes a las células se interrumpe de forma inmediata debido al corte de la circulación sanguínea.

Rigor mortis

- Las reservas energéticas del músculo se agotan y se alcanza la rigidez máxima

Post-rigor

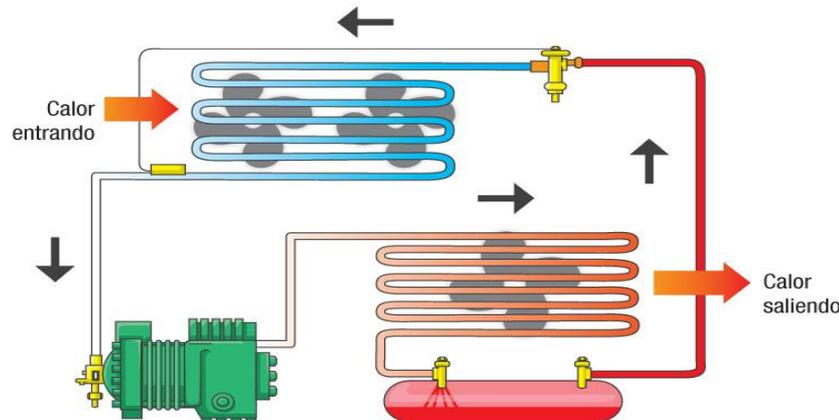
- Periodo de maduración donde se produce el ablandamiento de la carne



San Juan del Río, Qro. 27 al 29 de septiembre del 2017.

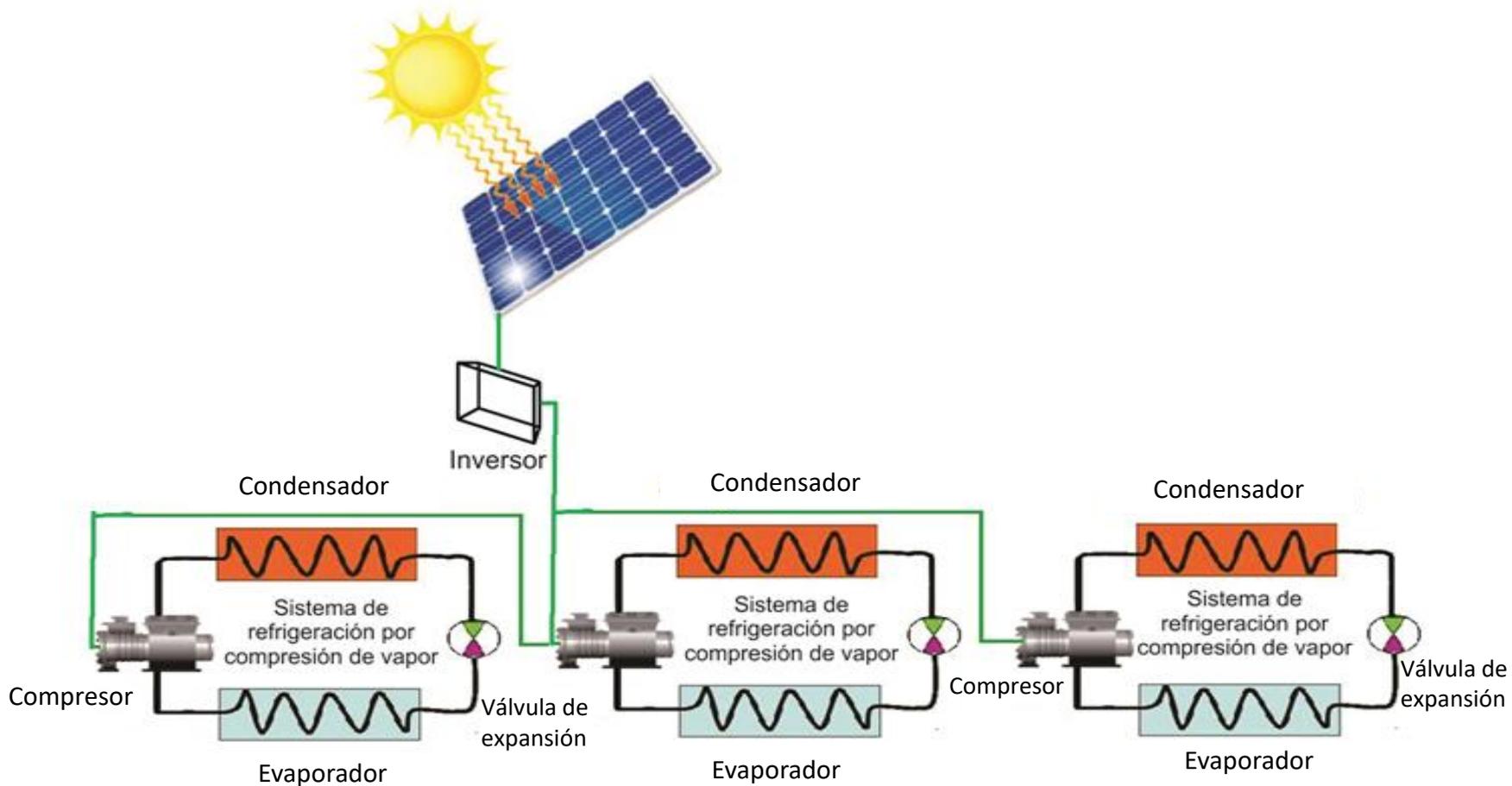
# Sistemas de compresión de vapor

- Forma de refrigeración más usada.
- Requiere gran cantidad de energía.
- Costo económico y ambiental elevado.



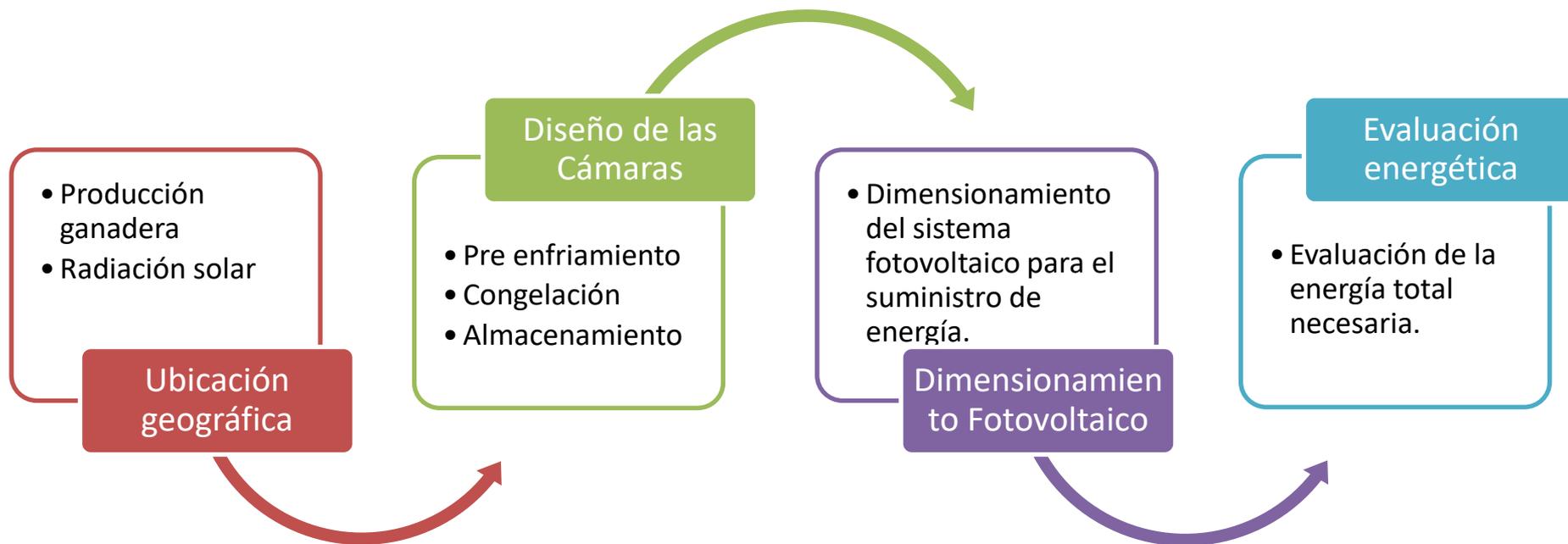
San Juan del Río, Qro. 27 al 29 de septiembre del 2017.

# Descripción del proceso



San Juan del Río, Qro. 27 al 29 de septiembre del 2017.

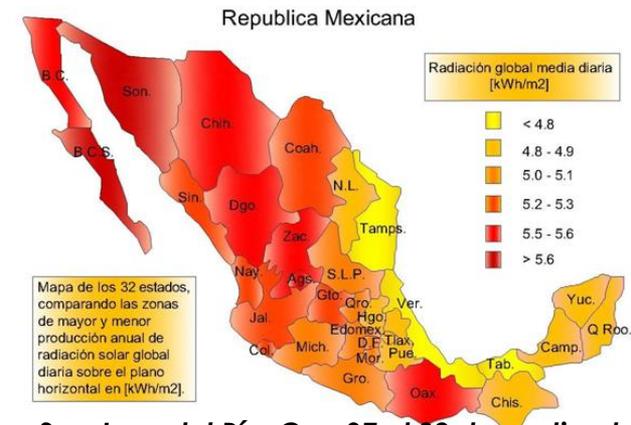
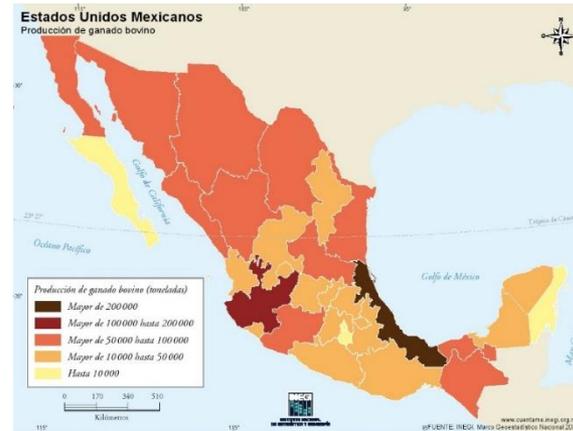
# Metodología



San Juan del Río, Qro. 27 al 29 de septiembre del 2017.

# Ubicación geográfica

- **Ubicación:** Lagos de Moreno, Jalisco
- **Producción de carne de res:** aproximadamente 11,791.66 toneladas anuales
- **Radiación global media diaria:** 5.2-5.3 kWh/m<sup>2</sup>.



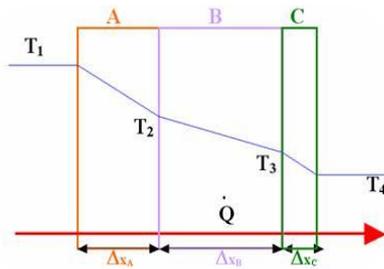
San Juan del Río, Qro. 27 al 29 de septiembre del 2017.

# Condiciones de las cámaras

Canal de res		Flujo de aire				Tiempo estimado de abatimiento
Temperatura		Capacidad	Temperatura	Velocidad	Humedad	
Inicial	Final					
<b>Cámara de pre enfriamiento ( alto: 4.7 m, largo: 7m, ancho:6 m)</b>						
30°C	0 a 7°C	25 canales	0°C	2 m/s	95%	24 horas
<b>Cámara de congelamiento (alto: 4.7 m, largo: 7m, ancho:6 m)</b>						
0°C	-16 a -20°C	25 canales	-20°C	3 m/s	95%	16-20 horas
<b>Cámara de almacenamiento (alto: 4.7 m, largo: 7m, ancho:6 m)</b>						
-16°C	-18°C a -22°C	25 canales	-22°C	2m/s	95%	10 horas

San Juan del Río, Qro. 27 al 29 de septiembre del 2017.

# Estimación de cargas térmicas



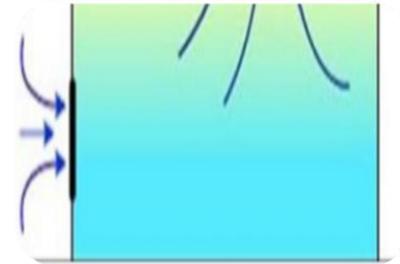
Transmisión a través de paredes.



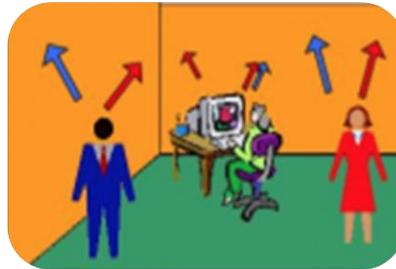
Alumbrado y equipo.



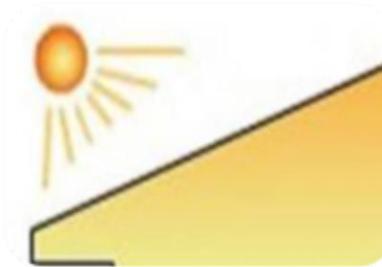
Producto.



Infiltración.



Ocupantes.



Radiación solar.

San Juan del Río, Qro. 27 al 29 de septiembre del 2017.

# Aislamiento

- El aislamiento
  - Entre mejor aislamiento, mejor coeficiente de desempeño.
  - Se considero:
    - Espesor.
    - Conductividad térmica.
    - Costos de aislantes comunes.

Material	K (W/mK)
Ladrillo	0.144
Poliuretano	0.0245
Loza de cemento	0.72
Piso de cemento	0.72

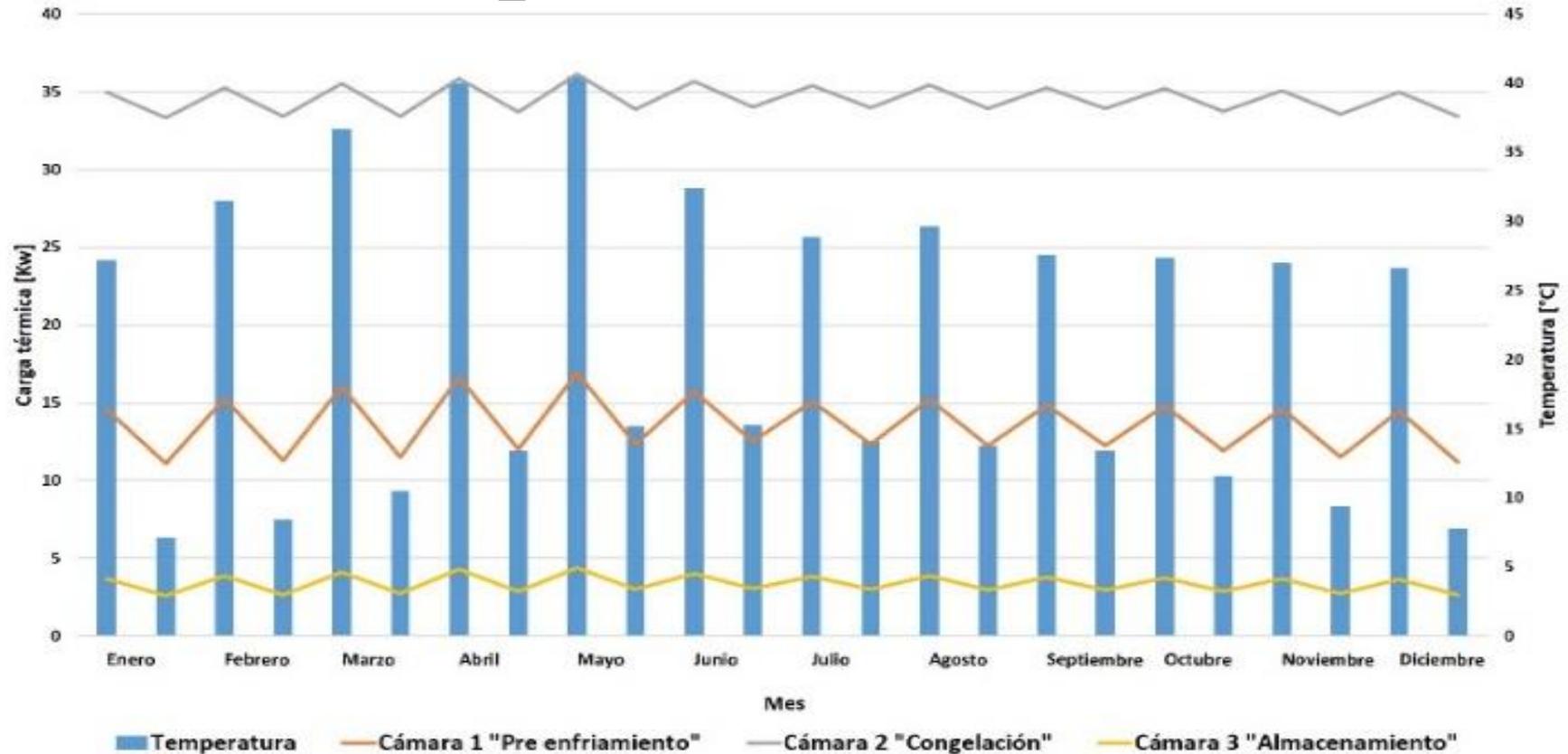
San Juan del Río, Qro. 27 al 29 de septiembre del 2017.

# Análisis energético

	Cámara de pre enfriamiento	Cámara de congelación	Cámara de almacenamiento
Carga térmica	16.912 kW	36.097 kW	4.418 kW
Trabajo del compresor	3.773 kW	14.148 kW	1.783 kW
Potencia eléctrica	4.336 kW	16.262 kW	2.049 kW
Energía eléctrica	78.048 kWh	292.71 kWh	36.88 kWh
COP	3.91	2.22	2.15

San Juan del Río, Qro. 27 al 29 de septiembre del 2017.

# Carga térmica anual



San Juan del Río, Qro. 27 al 29 de septiembre del 2017.

# Diseño del sistema fotovoltaico

- Se seleccionaron paneles solares:

Tipo	Policristalino
Potencia máxima	335 W
Tolerancia potencia	-5 W/+7.2 W
Eficiencia	17.26%
Cof. Temp. Max.	-0.31%/°C
Área del panel	1.62 m <sup>2</sup>

- Valor promedio anual de radiación directa normal para el municipio de Lagos de Moreno, 6.6 kWh/m<sup>2</sup> al día (NASA, 2017).

San Juan del Río, Qro. 27 al 29 de septiembre del 2017.

# Dimensionamiento fotovoltaico

	Energía eléctrica necesaria	Energía por panel	Número de paneles	Superficie de instalación
Cámara de pre enfriamiento	78.048 kWh	2.211 KWh	35	56.7 m <sup>2</sup>
Cámara de congelación	292.71 kWh	2.211 KWh	132	213.84 m <sup>2</sup>
Cámara de almacenamiento	36.88 kWh	2.211 KWh	16	25.92 m <sup>2</sup>

San Juan del Río, Qro. 27 al 29 de septiembre del 2017.

# Resultados

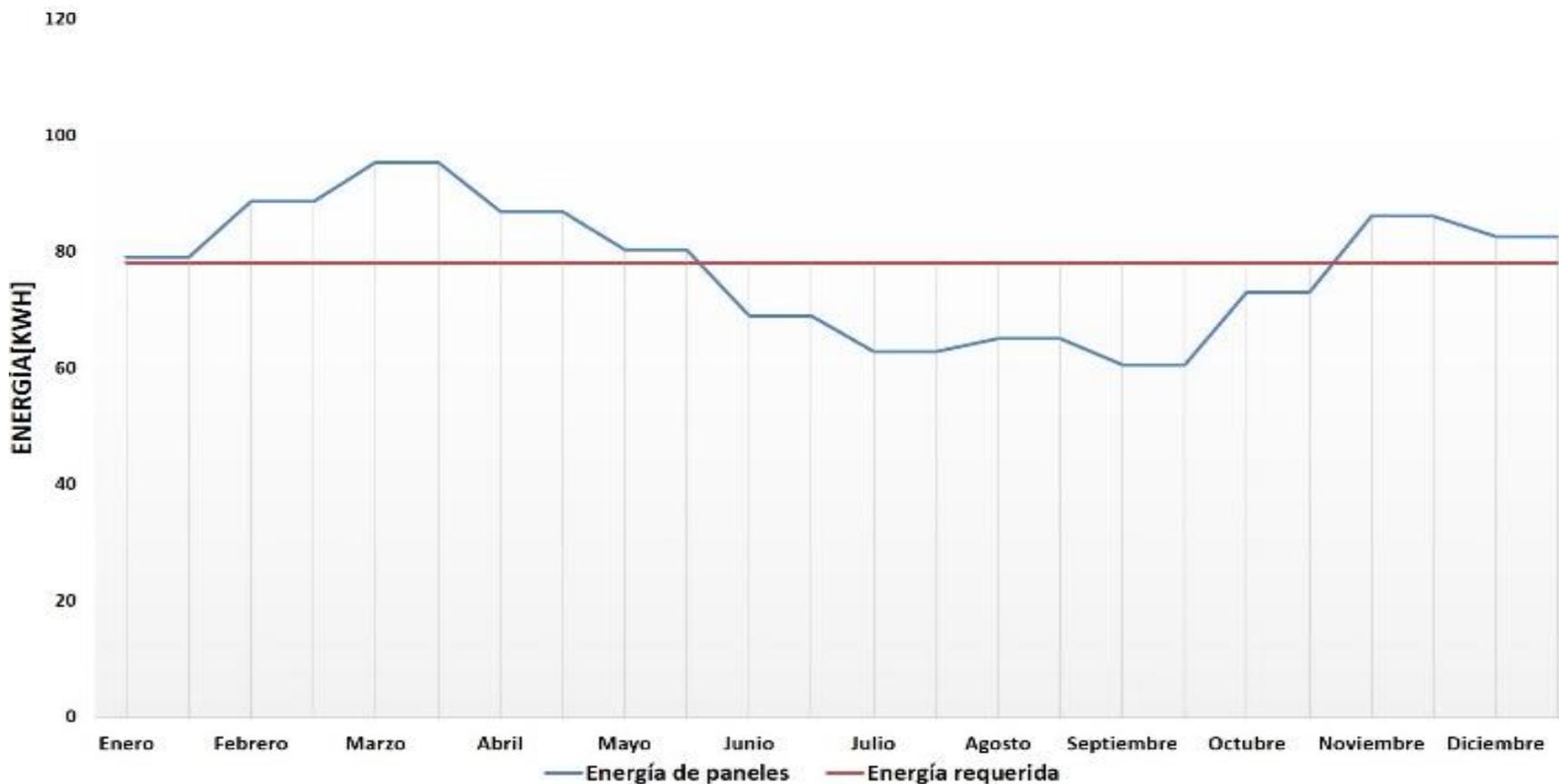
*San Juan del Río, Qro. 27 al 29 de septiembre del 2017.*



**Congreso Interdisciplinario de Energías Renovables,  
Mantenimiento Industrial, Mecatrónica e Informática**

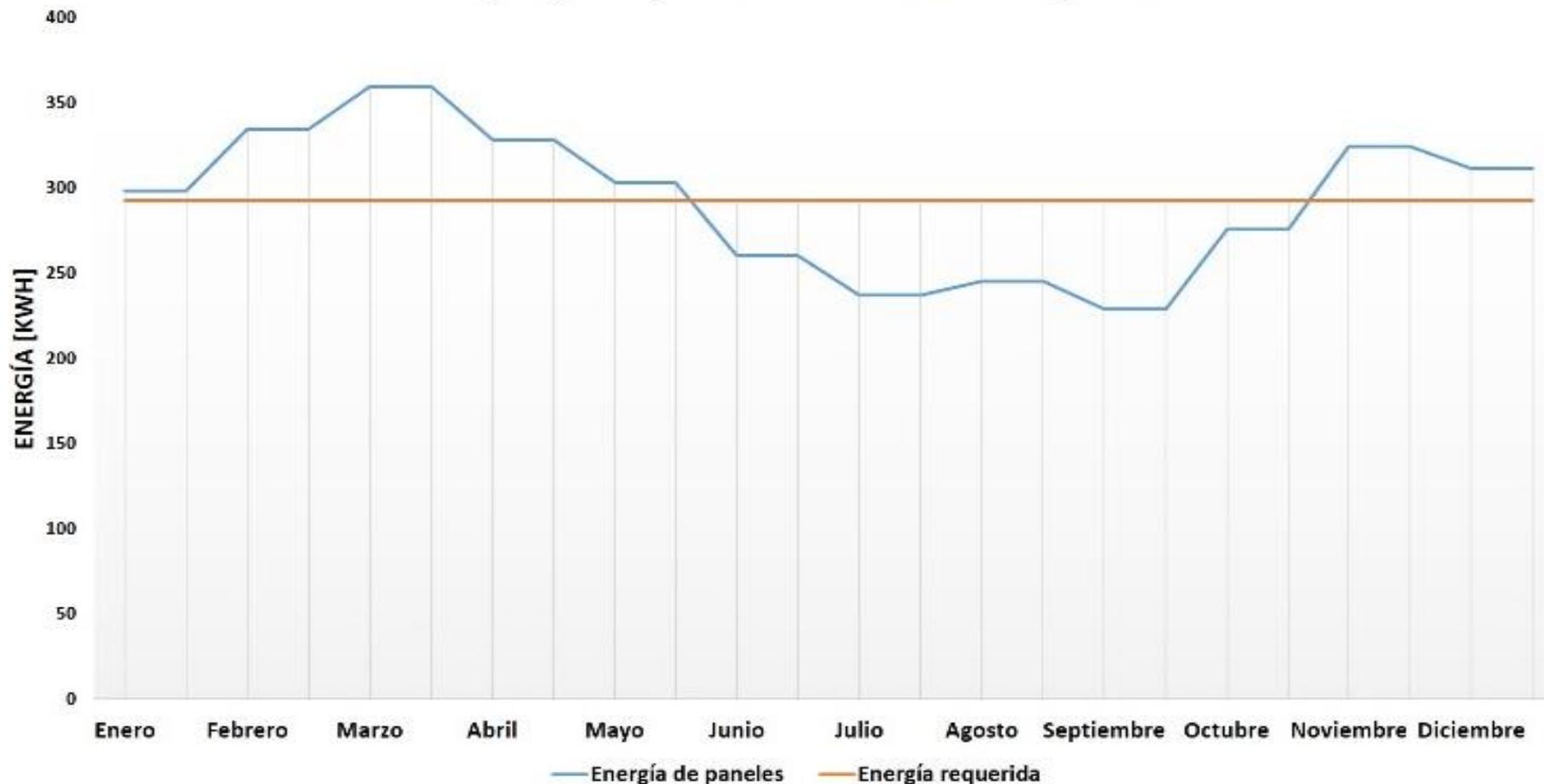
**2017**

## Energía requerida y suministrada a la cámara de pre enfriamiento

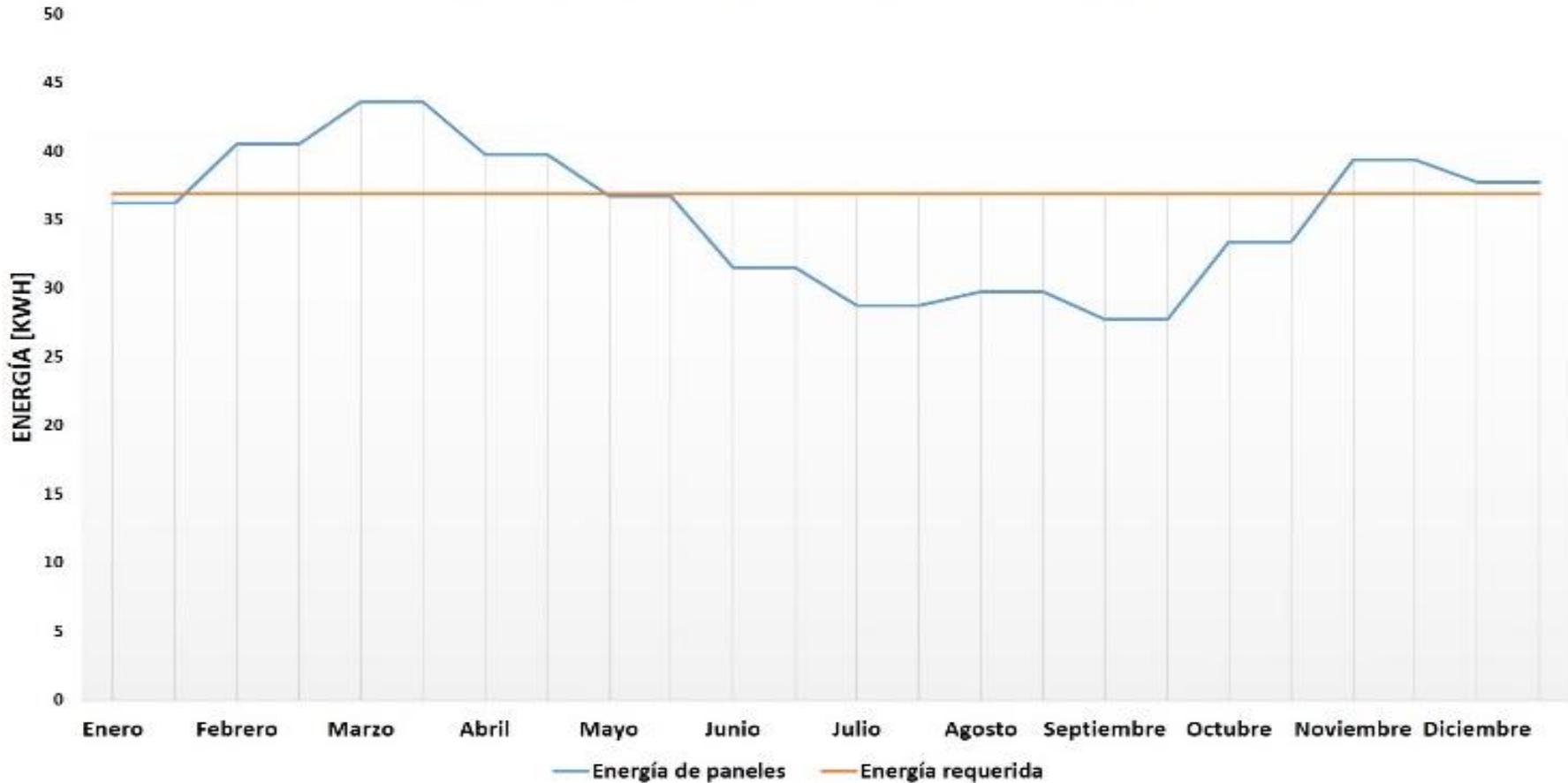


San Juan del Río, Qro. 27 al 29 de septiembre del 2017.

### Energía requerida y suministrada a la cámara de congelación



### Energía requerida y suministrada a la cámara de almacenamiento



San Juan del Río, Qro. 27 al 29 de septiembre del 2017.

# Evaluación económica

- Precio de watt instalado: 2 dólares (\$35 MXN).
- Inversión inicial : \$2,145,675 MXN.
- Demanda energética del sistema: 23.088 kW.
- Se seleccionó la “Tarifa 2” de CFE.
- Consumo constante al día: 407.638 kWh.
- Costo de este consumo eléctrico: \$ 2,507,713.46 MXN.
- Dado que los paneles solares tienen un garantía de mínimo de 20 años, el costo por el consumo eléctrico en este tiempo es aproximadamente 2.5 veces mayor que la inversión propuesta para un sistema interconectado a la red de paneles solares.

*San Juan del Río, Qro. 27 al 29 de septiembre del 2017.*

# Conclusiones

- En este trabajo se pueden visualizar las ventajas de la implementación de sistemas fotovoltaicos en la refrigeración convencional, aunque estos sistemas se encuentren limitados por las condiciones de trabajo, es importante analizarlos y considerarlos.
- En los resultados se puede observar que en algunos meses del año la energía provista por el sistema fotovoltaico no es suficiente a la requerida por las cámaras frigoríficas, sin embargo es importante considerar que las cargas térmicas se calcularon para los casos en que éstas son las máximas posibles, por ello aunque existen diferencias en la energía suministrada y requerida se puede considerar el diseño como aceptable.
- Del mismo modo se considera una interconexión a la red eléctrica, el cual puede ofrecer un respaldo cuando la energía provista por los paneles solares no sea suficiente para abastecer las necesidades de enfriamiento de las cámaras.
- Se prevé un ahorro de costos de electricidad con el sistema de paneles solares interconectados a la red, además de un menor impacto al ambiente.

*San Juan del Río, Qro. 27 al 29 de septiembre del 2017.*



**ECORFAN®**

**© ECORFAN-Mexico, S.C.**

No part of this document covered by the Federal Copyright Law may be reproduced, transmitted or used in any form or medium, whether graphic, electronic or mechanical, including but not limited to the following: Citations in articles and comments Bibliographical, compilation of radio or electronic journalistic data. For the effects of articles 13, 162,163 fraction I, 164 fraction I, 168, 169,209 fraction III and other relative of the Federal Law of Copyright. Violations: Be forced to prosecute under Mexican copyright law. The use of general descriptive names, registered names, trademarks, in this publication do not imply, uniformly in the absence of a specific statement, that such names are exempt from the relevant protector in laws and regulations of Mexico and therefore free for General use of the international scientific community. BCIERMIMI is part of the media of ECORFAN-Mexico, S.C., E: 94-443.F: 008- ([www.ecorfan.org/](http://www.ecorfan.org/) booklets)