



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

# **Title:** Determinación del requerimiento energético para calefacción en un invernadero agrícola y dimensionamiento del sistema Termosolar-Gas L.P. requerido para su suministro óptimo

**Author:** Jorge A. Escobedo-Bretado

**Editorial label ECORFAN:** 607-8324  
**BCIERMIMI Control Number:** 2016-01  
**BCIERMIMI Classification(2016):** 191016-0101

**Pages:** 21  
**Mail:** *jorge.escobedo@cimav.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

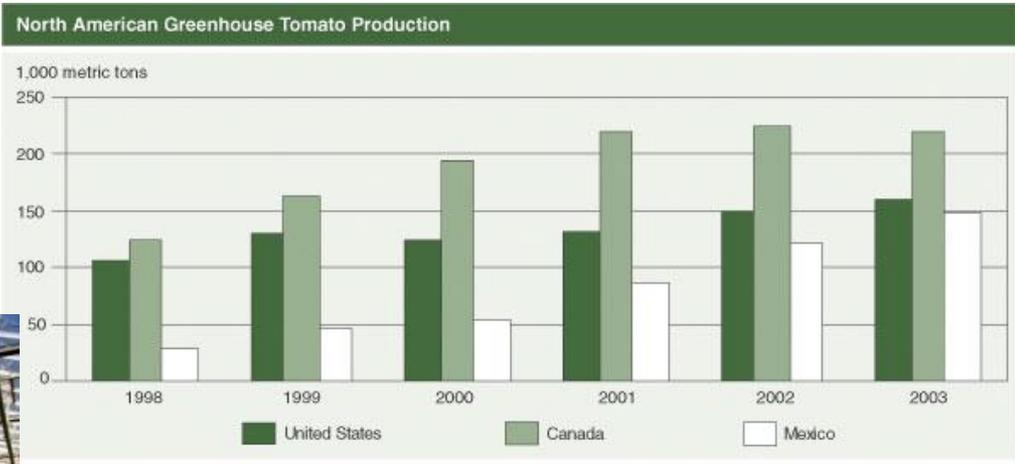
[www.ecorfan.org](http://www.ecorfan.org)

## Holdings

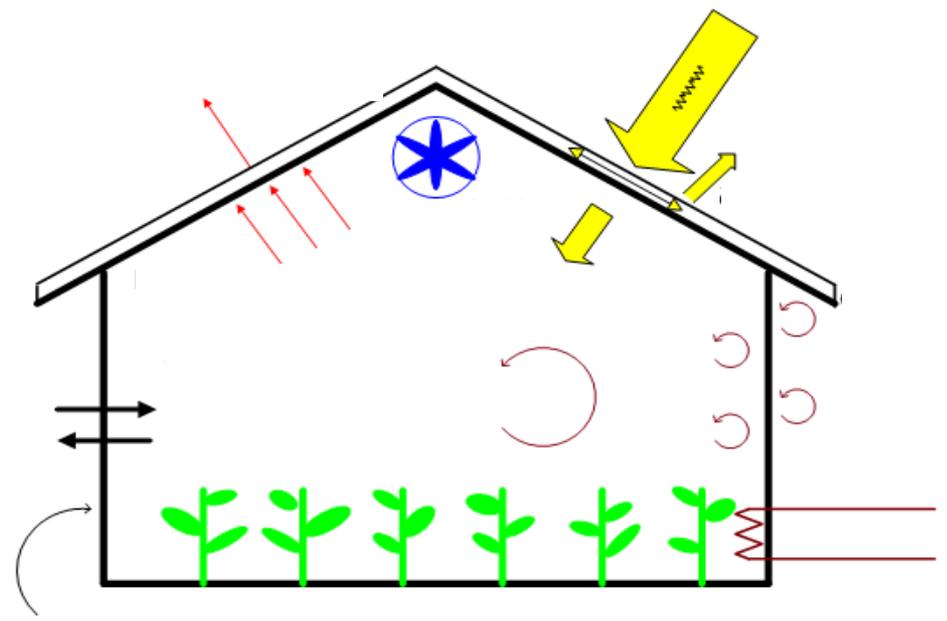
Bolivia	Honduras	China	Nicaragua
Cameroon	Guatemala	France	Republic of the Congo
El Salvador	Colombia	Ecuador	Dominica
Peru	Spain	Cuba	Haití
Argentina	Paraguay	Costa Rica	Venezuela
Czech Republic			

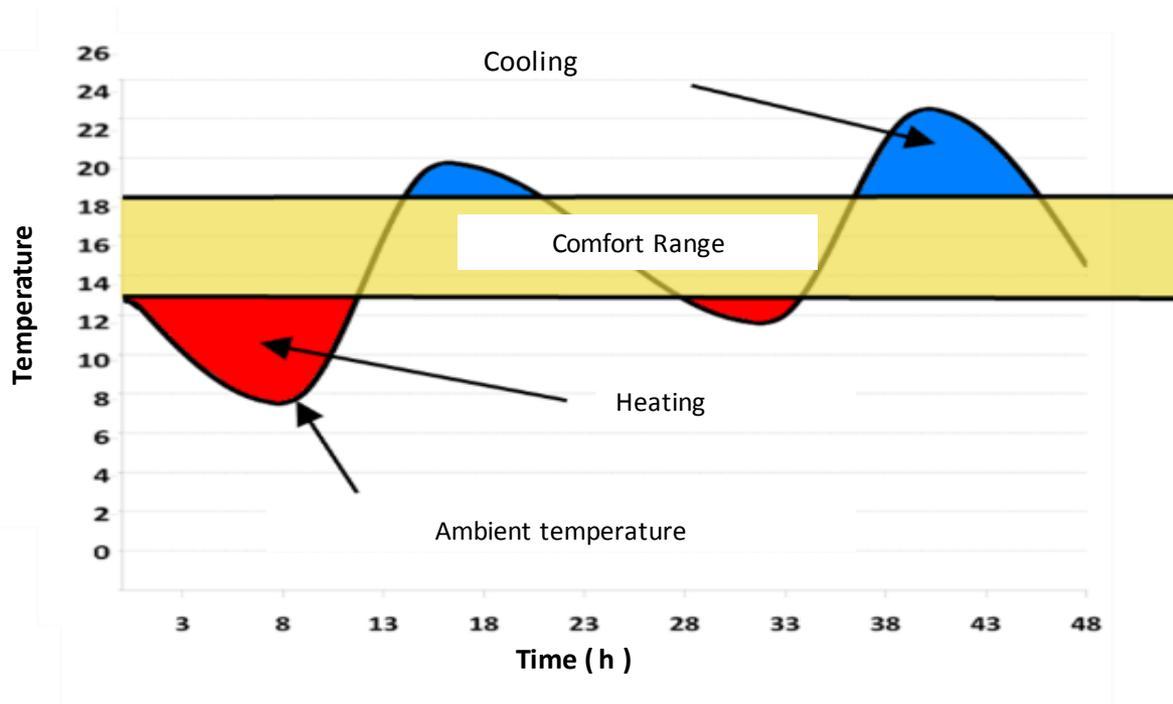
# Contenido

- **Introducción**
- **Objetivo**
- **Metodologia**
- **Sistema de Calefacción Propuesto**
- **Sistema de Simulación**
- **Resultados**
- **Conclusiones**



Source: Statistics Canada, Ontario Greenhouse Vegetable Producers' Marketing Board, British Columbia Vegetable Marketing Commission, and interviews by Cook and Calvin.





Error < 6%

## Objetivo

Diseñar el sistema de calefacción de un invernadero agrícola para tomate Saladette, mediante la plataforma computacional TRNSYS. Seleccionar el equipamiento que satisfaga técnica y económicamente los requerimientos necesarios para el óptimo desarrollo del tomate en temporada de invierno con una fracción solar mayor al 60%.

## Características del cultivo

**Tomate orgánico**

Moctezuma y Cuauhtémoc



### Condiciones ambientales requeridas

Requerimiento	Valor
Temperatura para todas las etapas productivas ( °C )	15 – 30
Humedad Relativa ( % )	70 – 85
Concentración de CO <sub>2</sub> ( ppm )	700 - 800

# Localización del proyecto



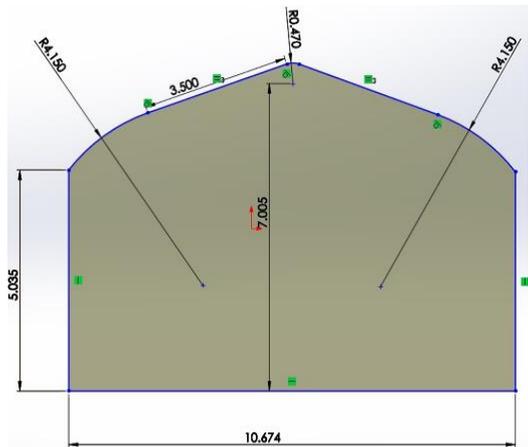
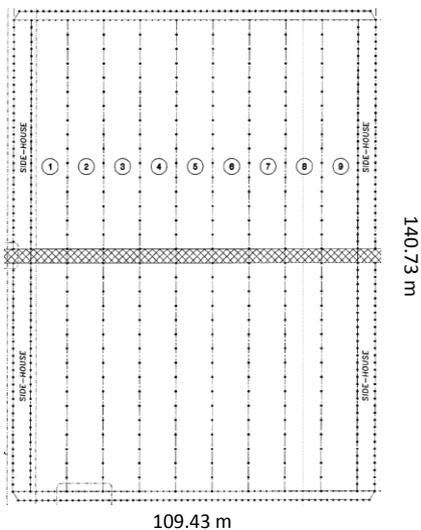
## Localización Geográfica

Delicias, Chihuahua, Mexico

28.06 N, -105.53 W

# Características del Invernadero

## Diseño y tecnología Multi-capa



Numero de Capas	9
Área	1.6 ha
Volumen	≈ 100,000 m <sup>3</sup>
Material de la Envolverte	Polietileno
Material de la Estructura	Acero



## Características del Invernadero

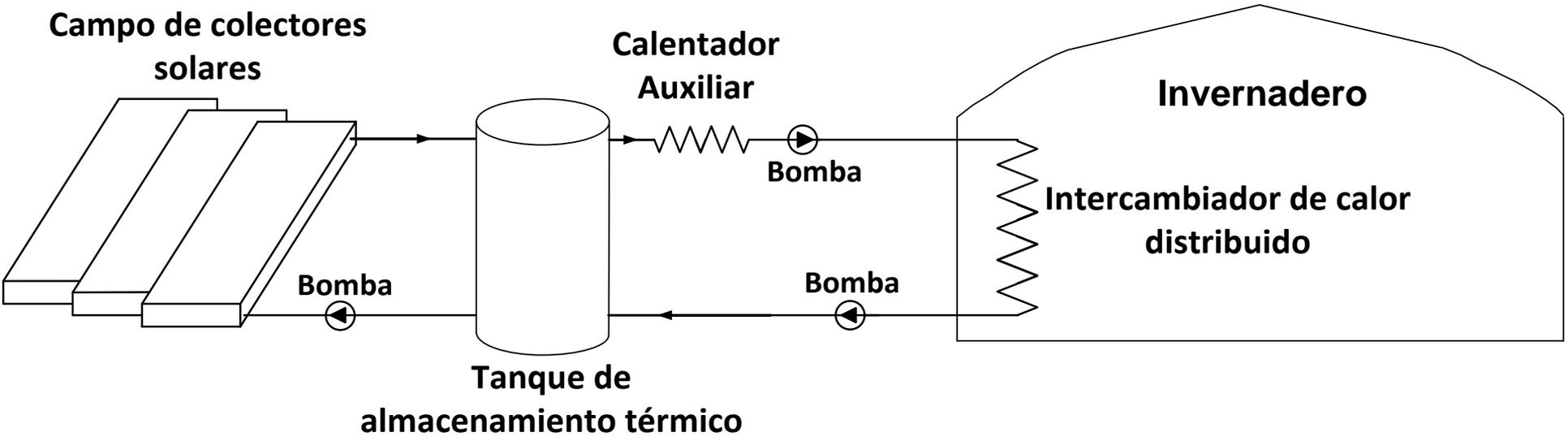
### Control climático actual

Ventilación natural operada por apertura mecanizada



**Ventilación  
Natural**

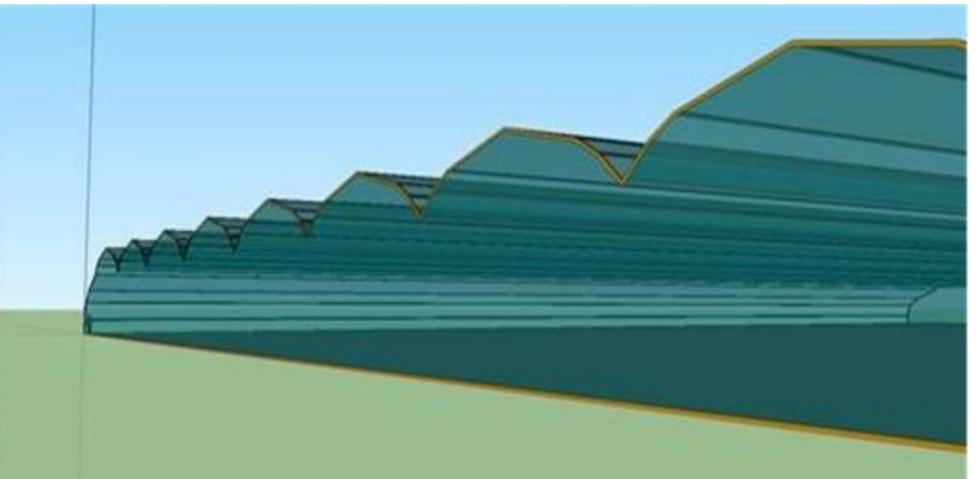
# Componentes



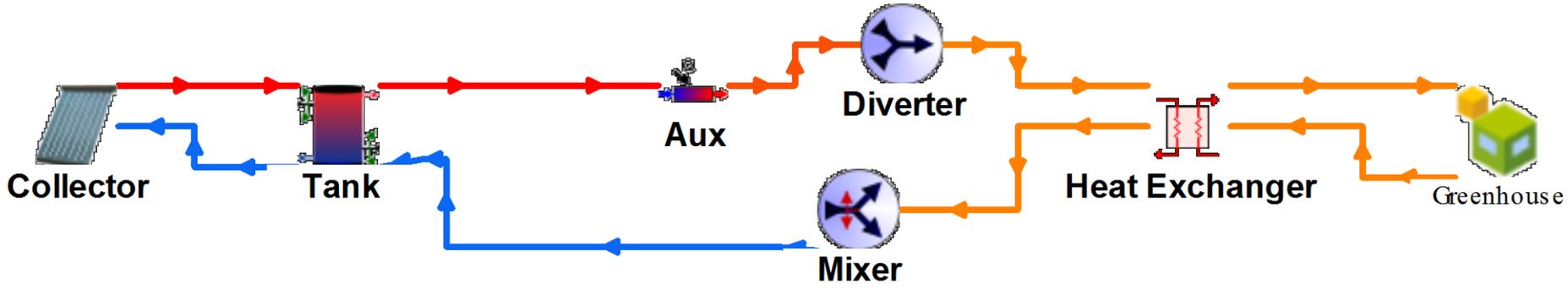
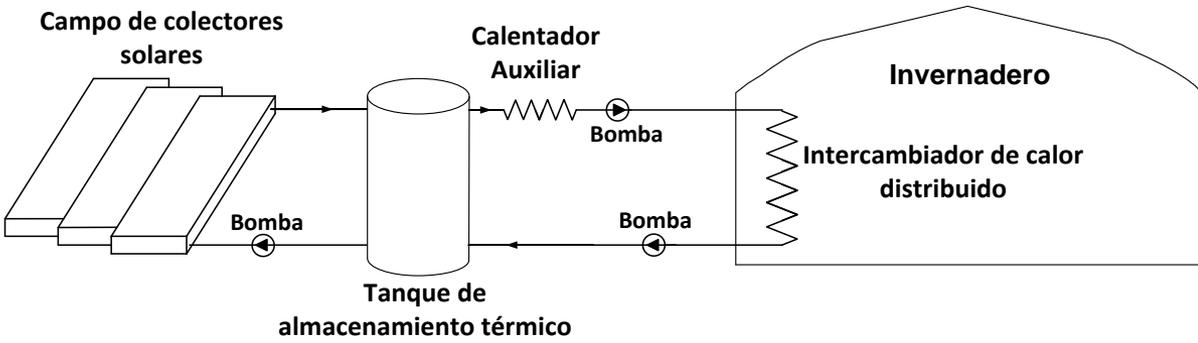
## Herramientas de Modelado y Simulación

SketchUp Pro  
Studio  
TRNEdit  
Window  
TRNSYS 17

Simulation  
TRNBuild  
Meteonorm  
MS Excel



# TRNSYS 17

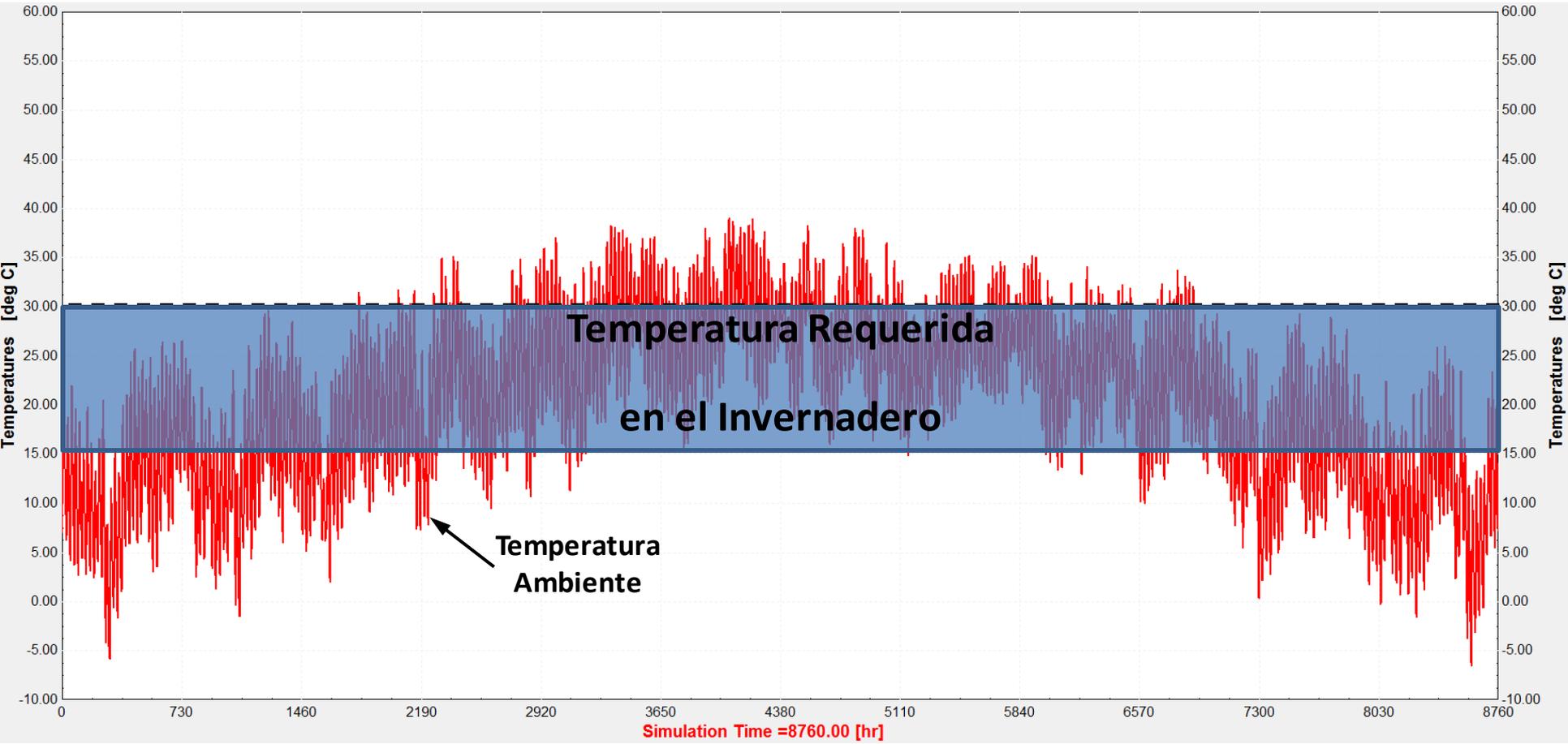




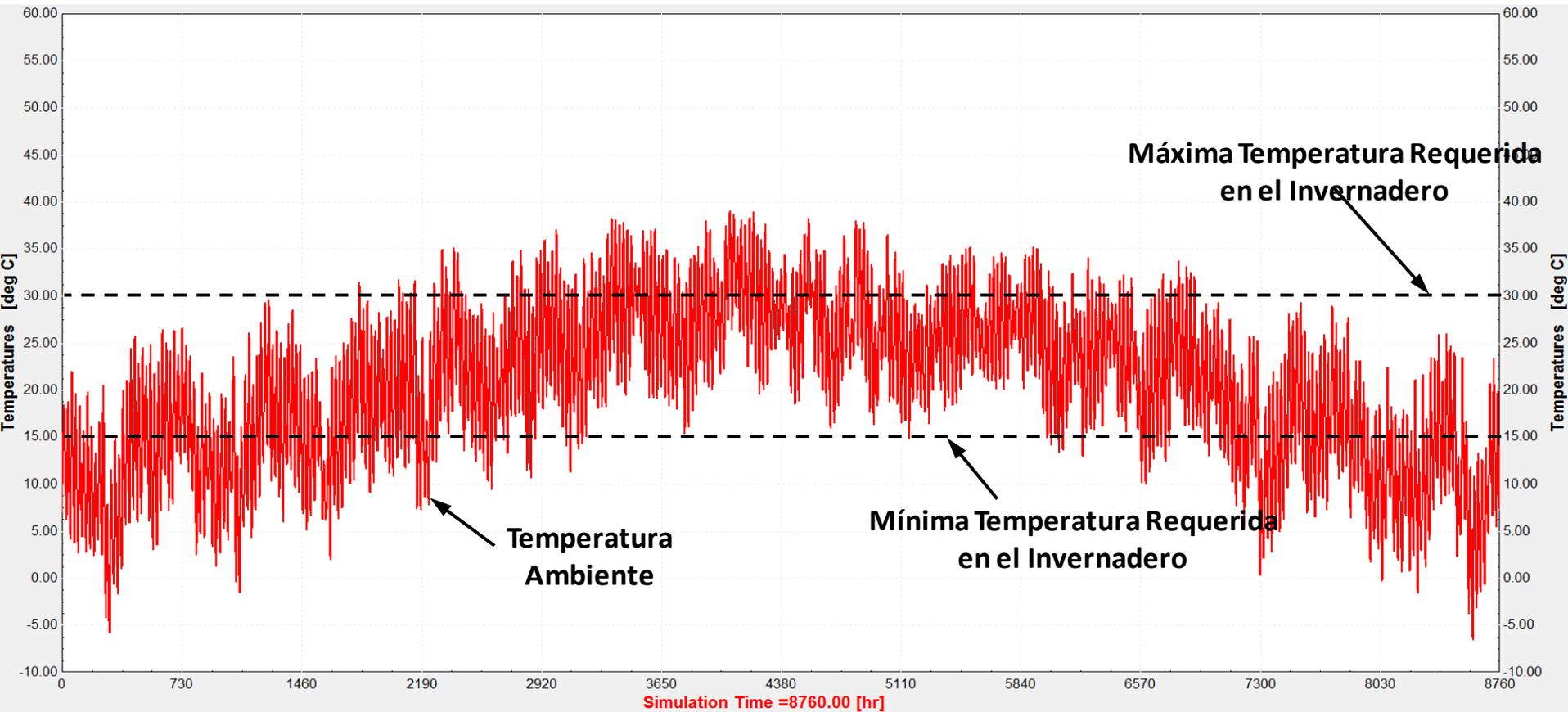
## Consideraciones

- Los calculos se realizan cada 15 minutos
- Se toman los datos de un TMY del lugar
- Los datos se acumulan a lo largo del año

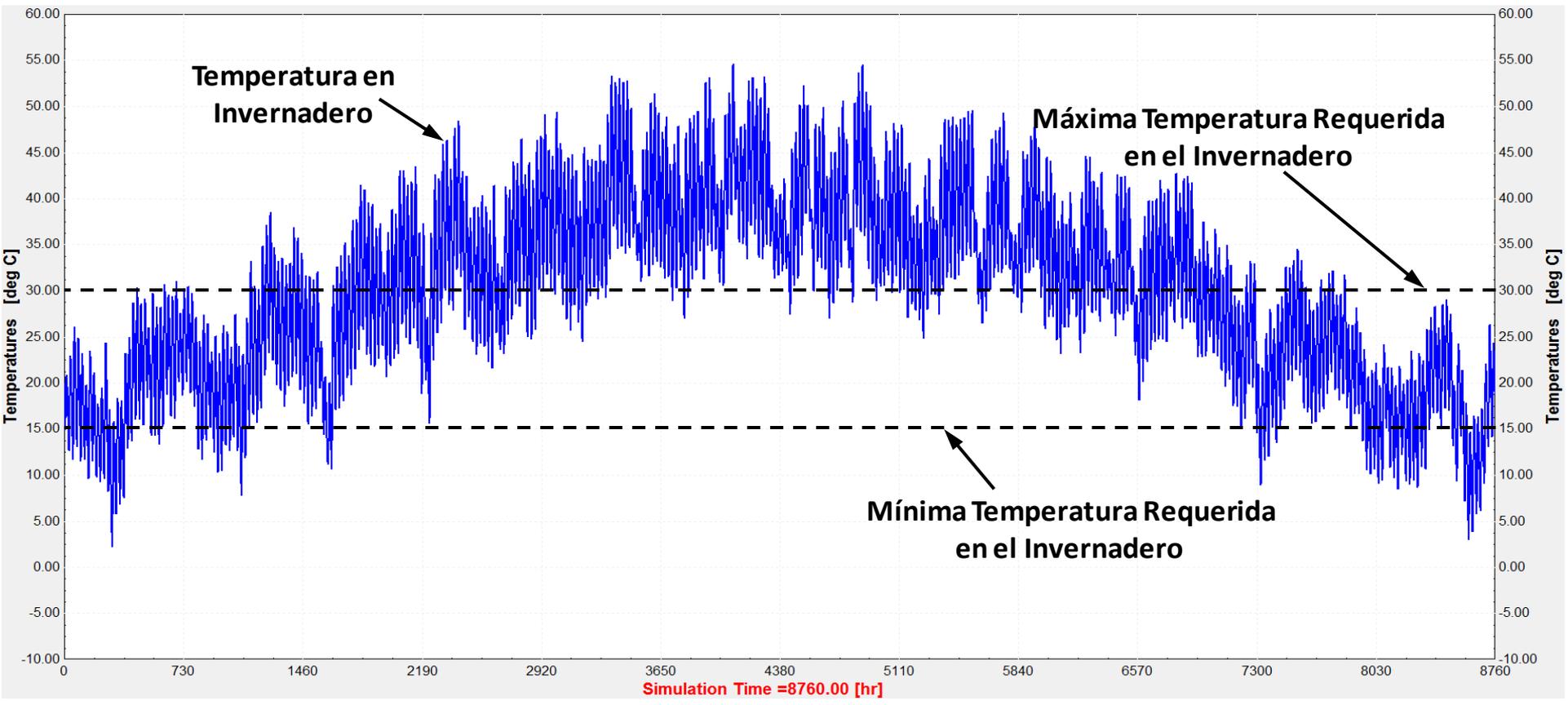
# Temperatura ambiente e intervalo de temperatura requerida en el invernadero



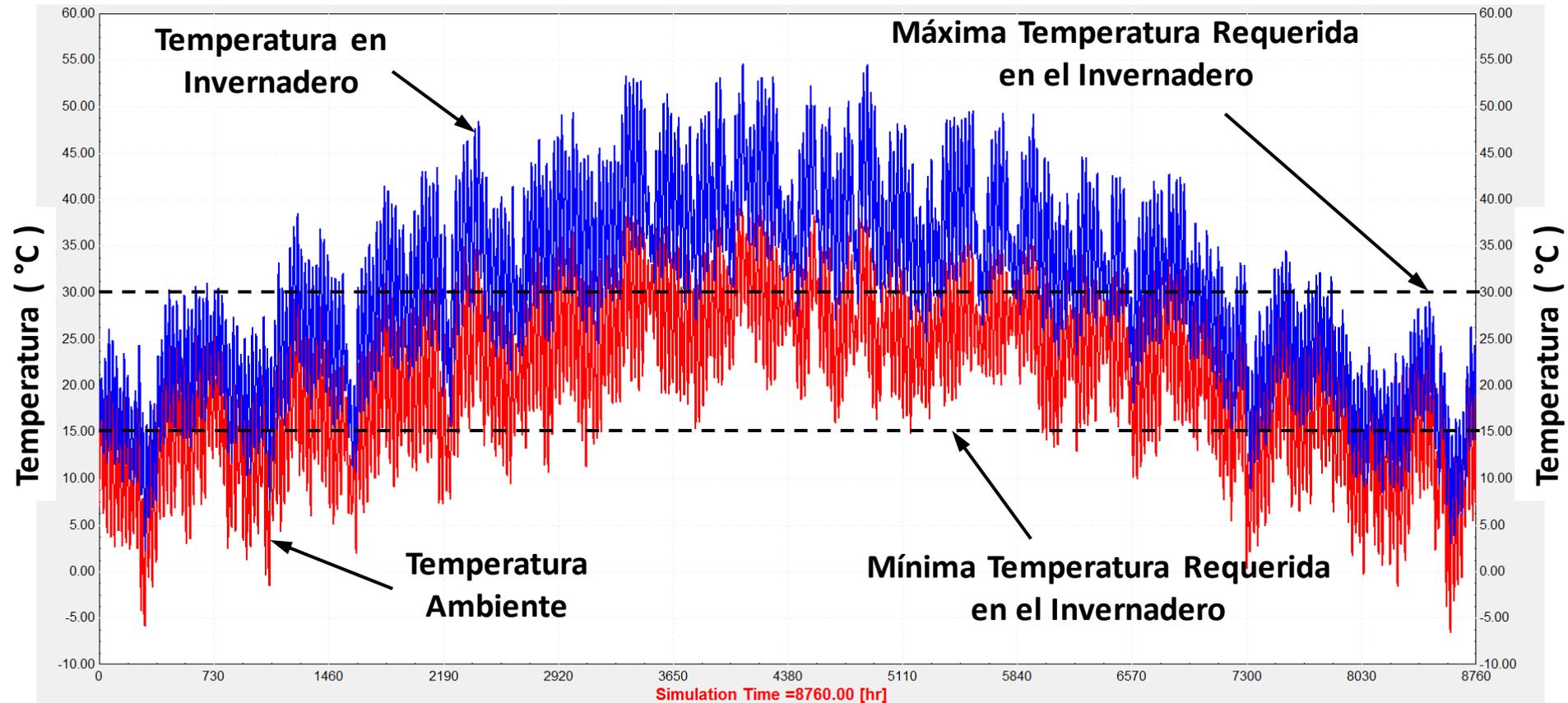
# Temperatura ambiente e intervalo de temperatura requerida en el invernadero



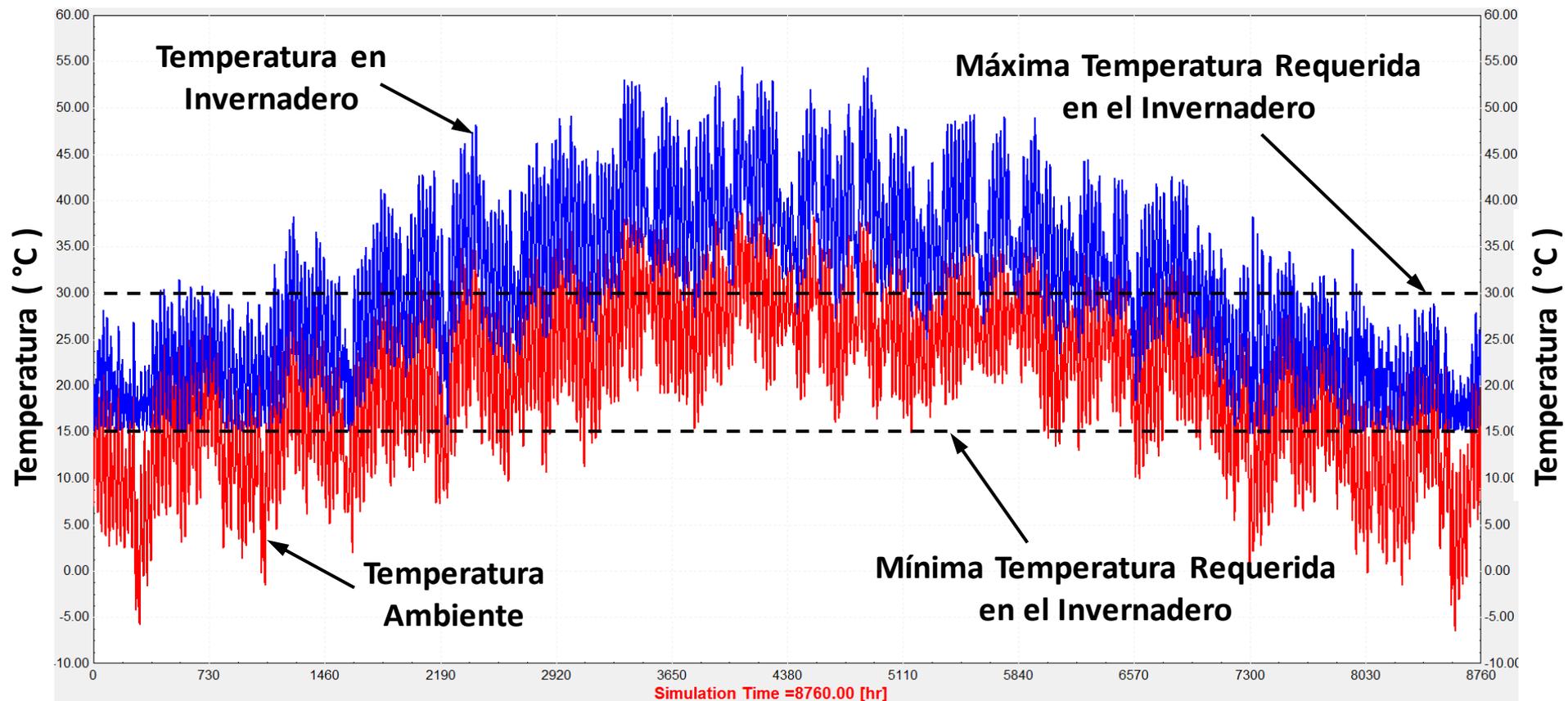
# Temperatura dentro del invernadero sin calefacción e intervalo de temperatura requerido por el tomate

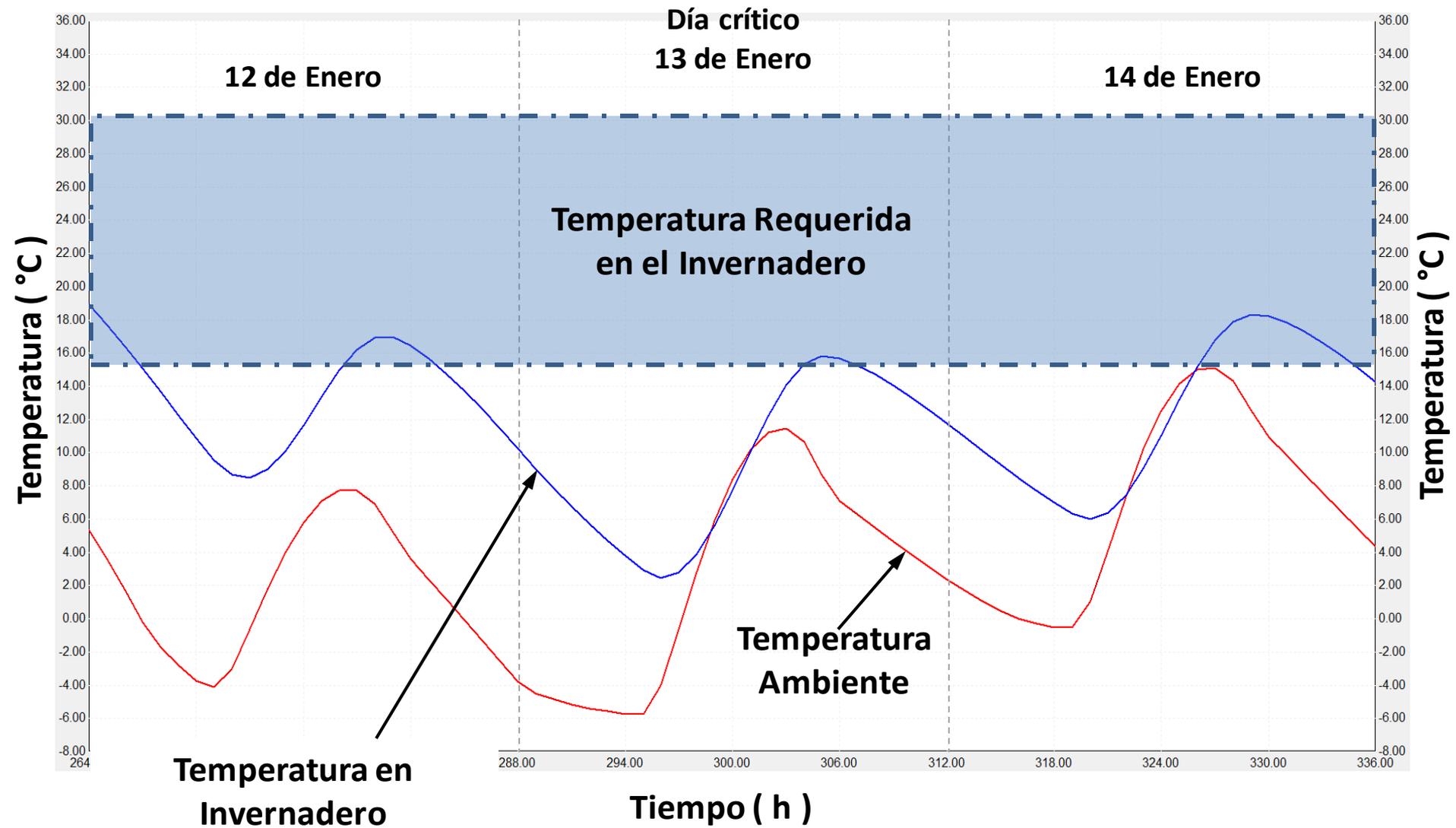


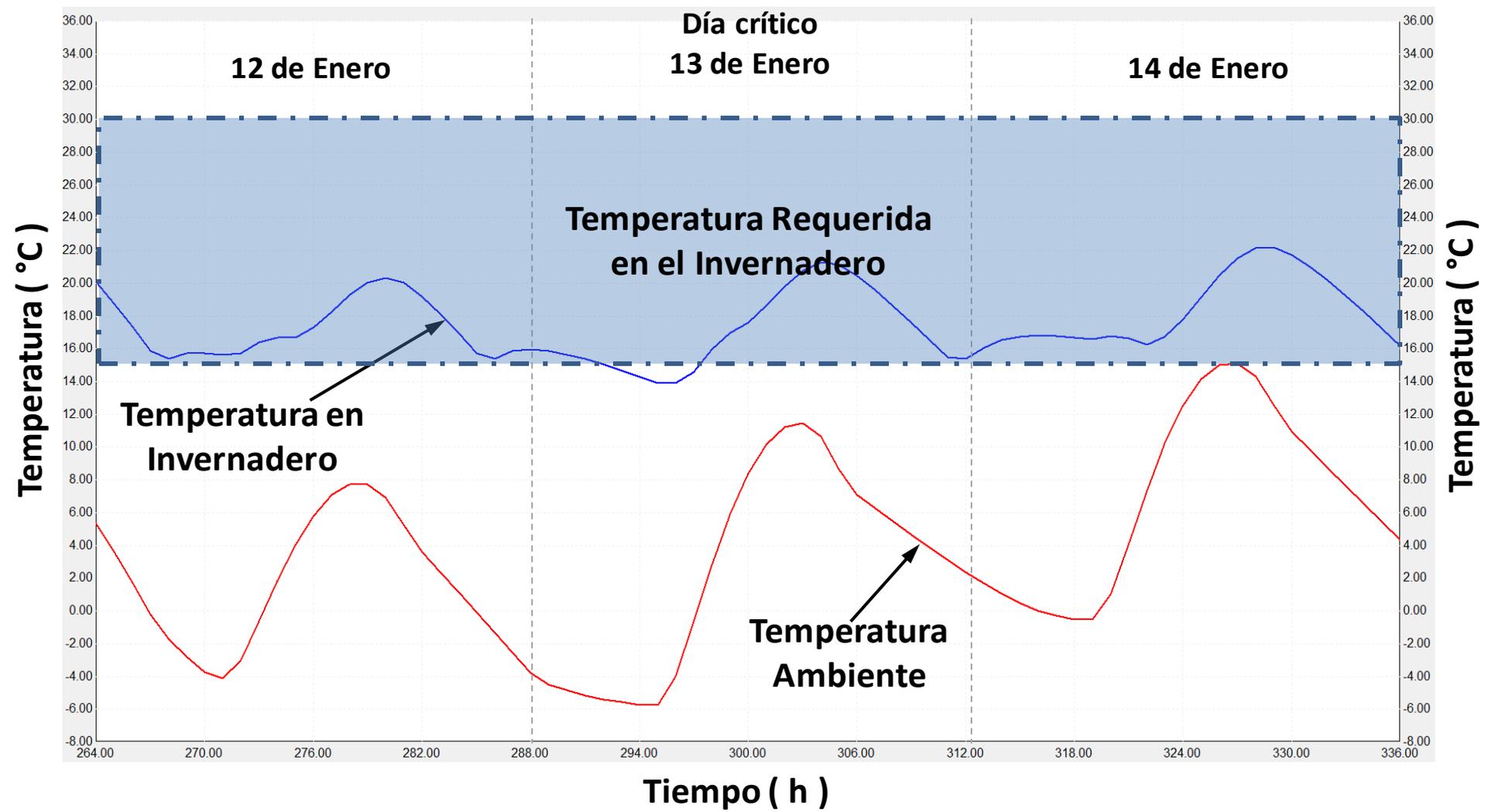
## Temperaturas de invernadero fuera y dentro del invernadero sin calefacción



## Temperaturas de invernadero fuera y dentro del invernadero con calefacción









## Características del equipo que conforma el sistema solar asistido por gas propuesto

Equipo	Recomendado FS = 72%	Precio Unitario
Colectores solares de tubos evacuados, heat pipe con cabezal	300	\$10,000
Almacenamiento térmico @ 50 L/m <sup>2</sup>	75 m <sup>3</sup>	\$80,000 / 25 m <sup>3</sup>
Intercambiadores de calor	140	\$9,000
Caldera Auxiliar de 1000 kW	1	\$750,000



## Proyección financiera

Vida Útil de los equipos: A 25 años  
 Aumento anual del precio de gas: 9%  
 Inflación: 4%

	FS = 0	FS = 72%
<b>Consumo de gas (\$)</b>	11,870,054	3,561,304
<b>Colectores solares (\$)</b>	0	3,000,000
<b>Valor financiero @ 25 años (\$)</b>	11,870,054	6,561,304



- Se diseñó el sistema de calefacción de un invernadero agrícola para tomate Saladette, mediante la plataforma computacional TRNSYS
- Se determinó el equipamiento que satisface técnica y económicamente los requerimientos necesarios para el óptimo desarrollo del tomate en temporada de invierno con una fracción solar del 72%.
- Del análisis preliminar se observa que el valor financiero del proyecto resulta favorable para la utilización de energía solar, aun y cuando solo se está considerando el uso del sistema de colección solar para calefacción del invernadero.
- Debe observarse que durante todo el verano el sistema es capaz de seguir colectando energía que tiene un valor superior al utilizado durante el periodo invernal.
- Dicha energía requiere ser utilizada para aprovechar su valor, posiblemente para producir agua fría y usarla en la refrigeración del invernadero, o bien usarla en algún proceso adicional que pueda agregar valor a los excedentes de tomate o a los desperdicios generados durante el proceso.



**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)