



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

Title: Construcción y simulación de un sistema de almacenamiento de energía
térmica usando material de cambio de fase.

Authors: SÁNCHEZ-VEGA, Guadalupe O., PINEDA-PIÑÓN, Jorge, NIETO-PÉREZ, Martín de J. y
MUÑOZ-NAVIA, Milton.

Editorial label ECORFAN: 607-8695
BCIERMMI Control Number: 2019-201
BCIERMMI Classification (2019): 241019-201

Pages: 19
RNA: 03-2010-032610115700-14

ECORFAN-México, S.C.
143 – 50 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
Facebook: ECORFAN-México S. C.
Twitter: @EcorfanC

www.ecorfan.org

Holdings		
Mexico	Colombia	Guatemala
Bolivia	Cameroon	Democratic
Spain	El Salvador	Republic
Ecuador	Taiwan	of Congo
Peru	Paraguay	Nicaragua

Introducción

Materiales de cambio de fase

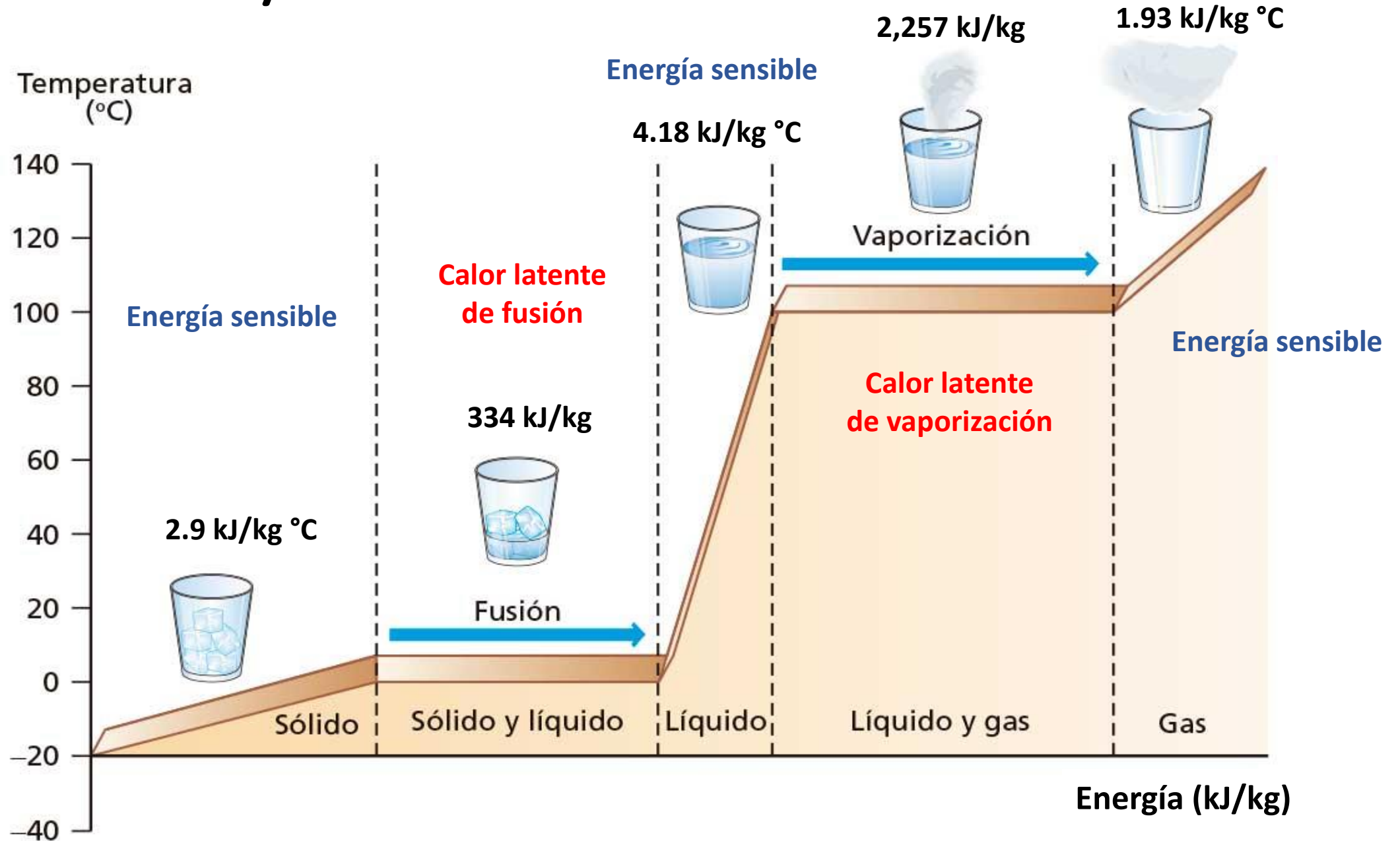
PCM por sus siglas en inglés (Phase Change Material)

Tienen la propiedad de almacenar o liberar grandes cantidades de energía en forma de calor latente

100 veces mas que en forma de calor sensible.



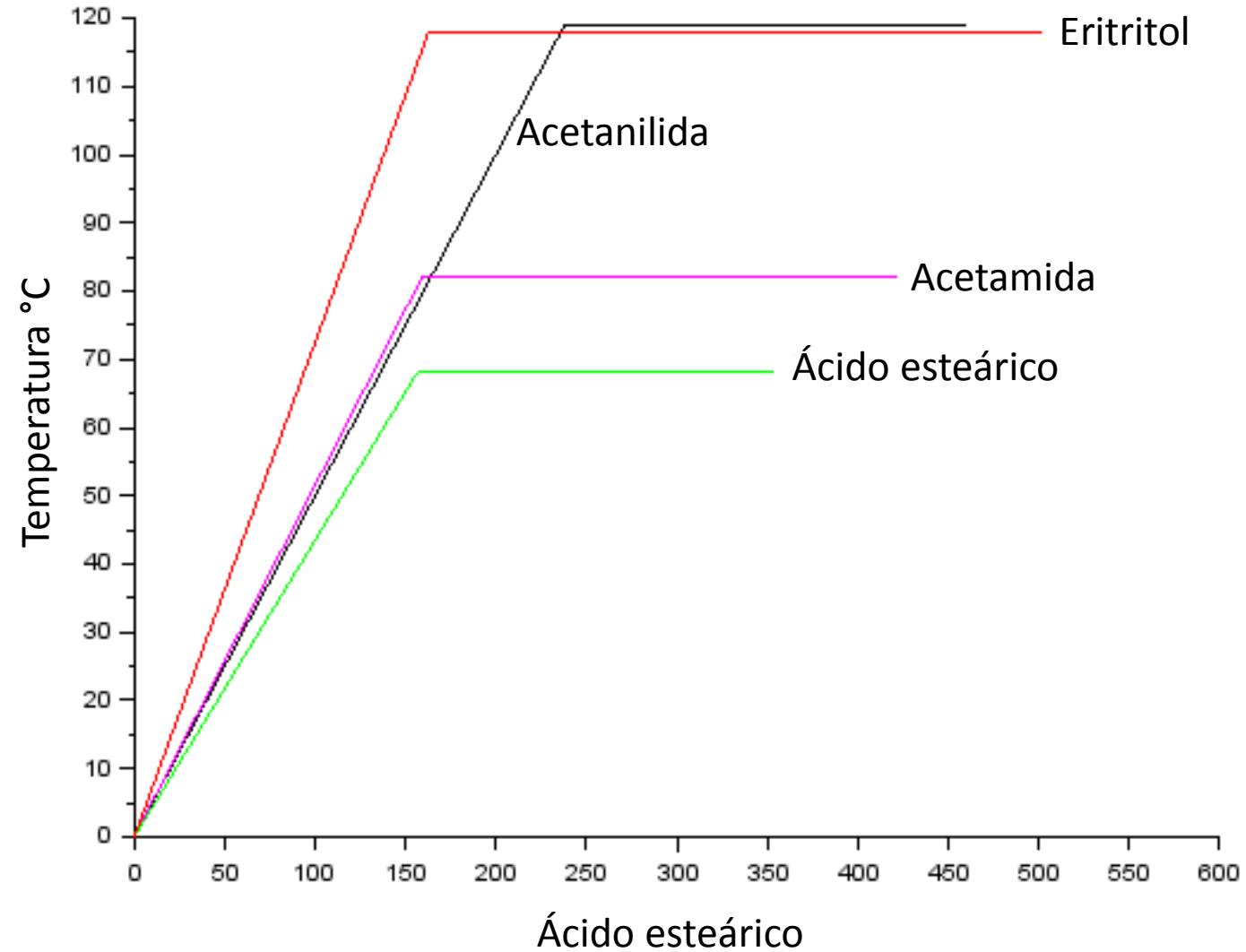
Calor latente y sensible



Metodología

Selección del material

Densidad energética de distintos PCM



Eritritol

Polialcohol empleado como sustituto de los sabores azucarados



Estructura química	$C_4H_{10}O_4$
Temperatura de fusión	118 °C
Temperatura de ebullición	275 °C
Calor latente de fusión	340 kJ/kg
Calor específico (sólido)	1.38 kJ/kg°C
Calor específico (líquido)	2.76 kJ/kg°C
Densidad	1450 kg/m ³
Conductividad térmica (sólido)	0.733 W/m K
Conductividad térmica (líquido)	0.326 W/m K

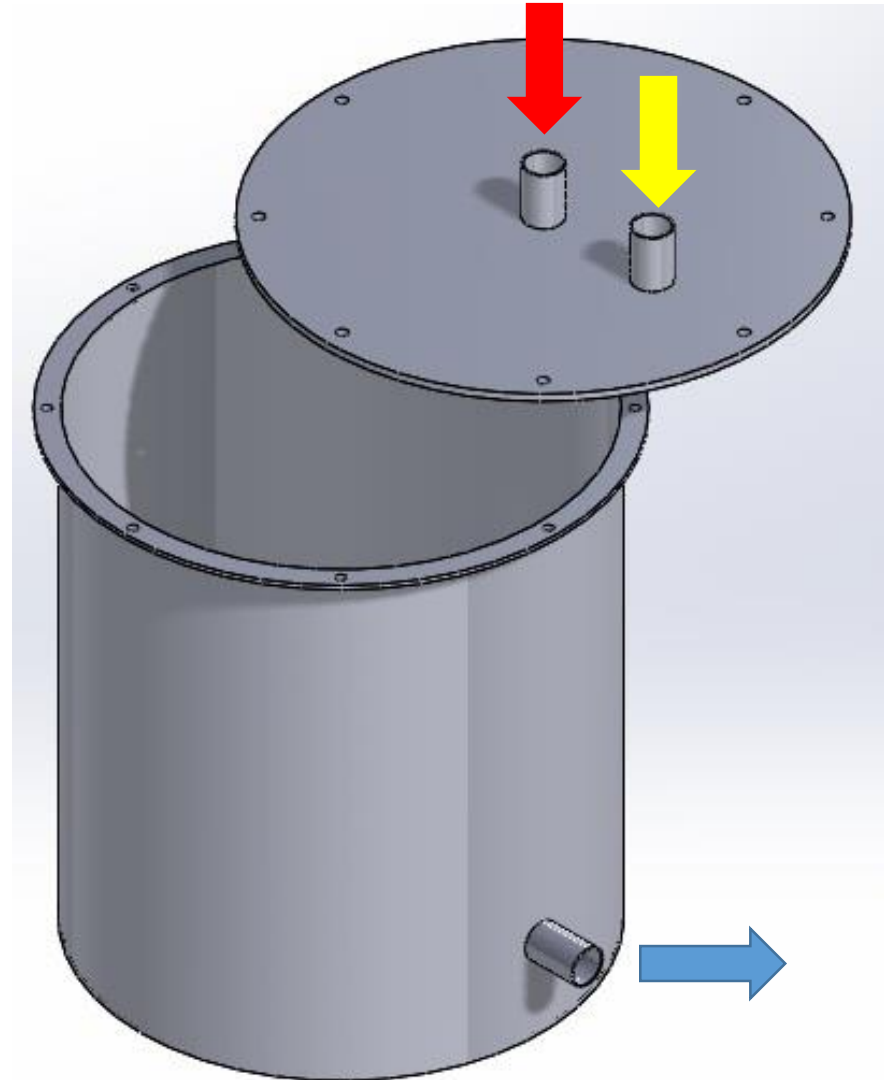
Diseño del contenedor

Diseñado para almacenar
31.4 kg de material

Acero inoxidable

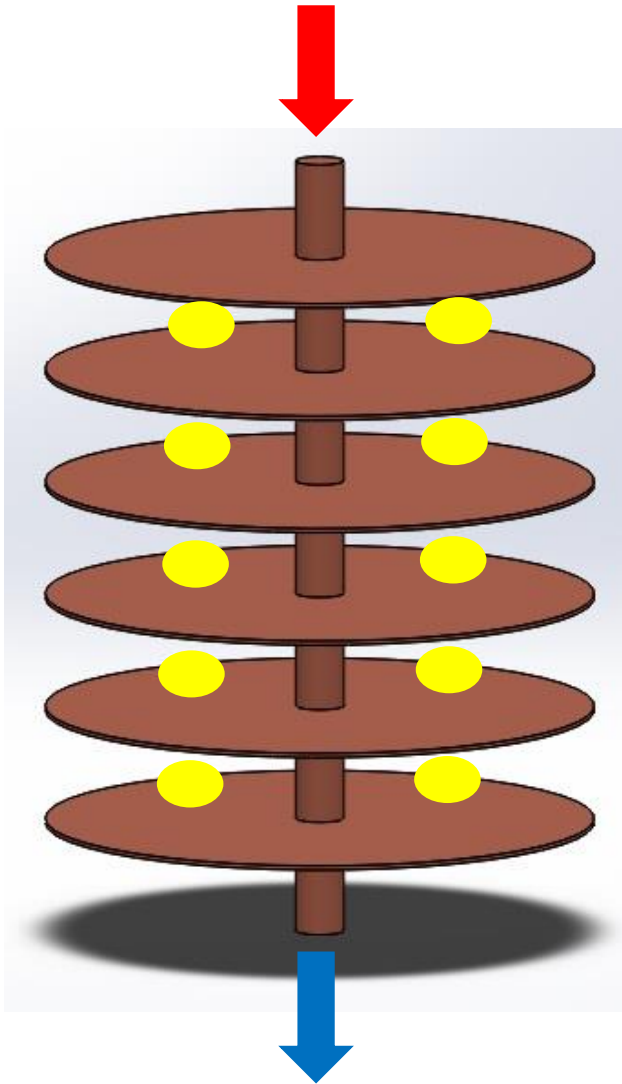
28 cm de diámetro
35 cm de altura

conexiones $\frac{3}{4}$ "





Diseño del intercambiador de calor



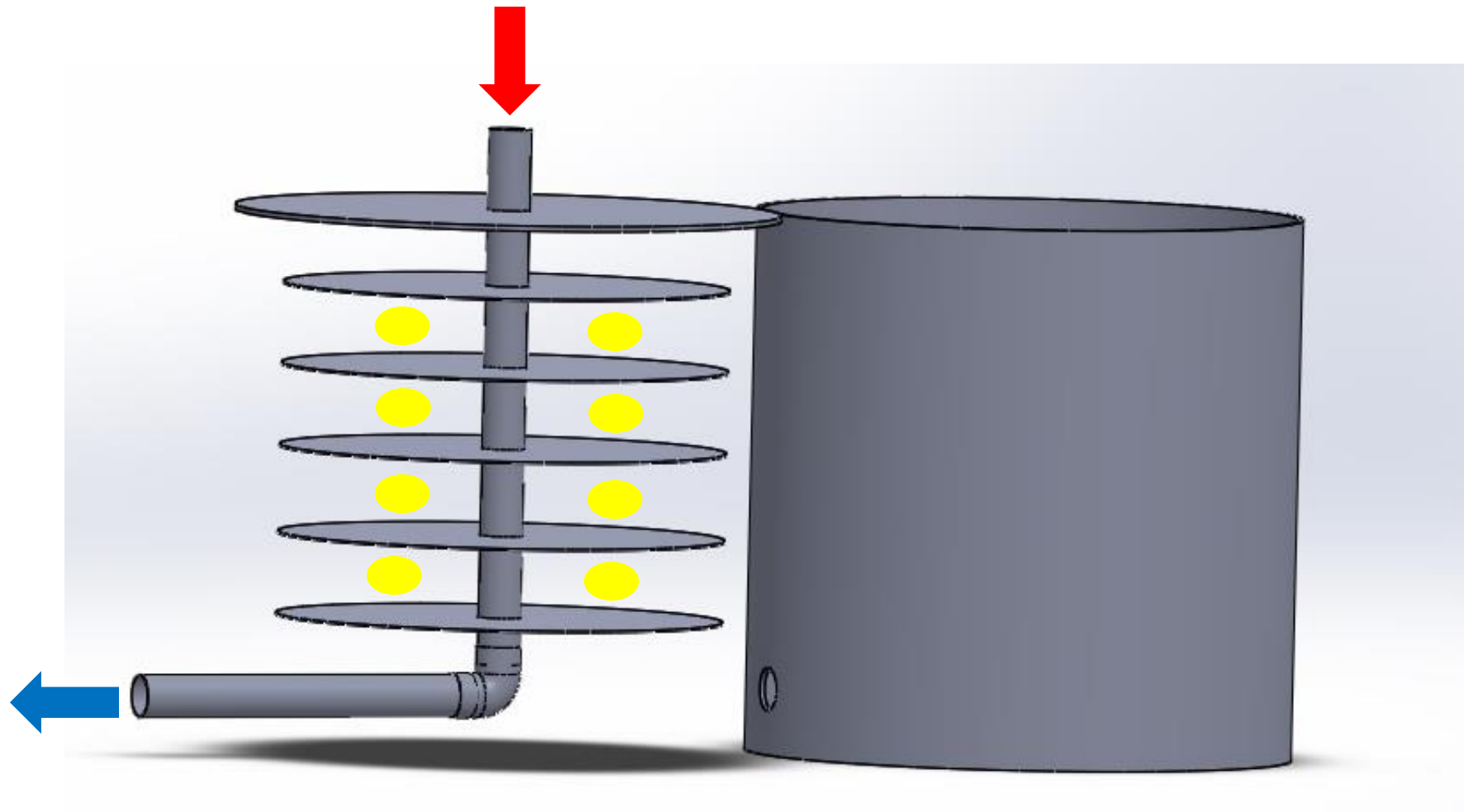
Aletas anulares de espesor constante

Cobre

26 cm de diámetro
5 cm de separación entre aletas

Conexiones $\frac{3}{4}$ "





Simulaciones Solidworks

Propiedades

Cobre (intercambiador)

Acero Inoxidable 304 (contenedor)

Lana mineral (aislante)

Eritritol (sólido y líquido)

Fluido de trabajo (mobiltherm603®)

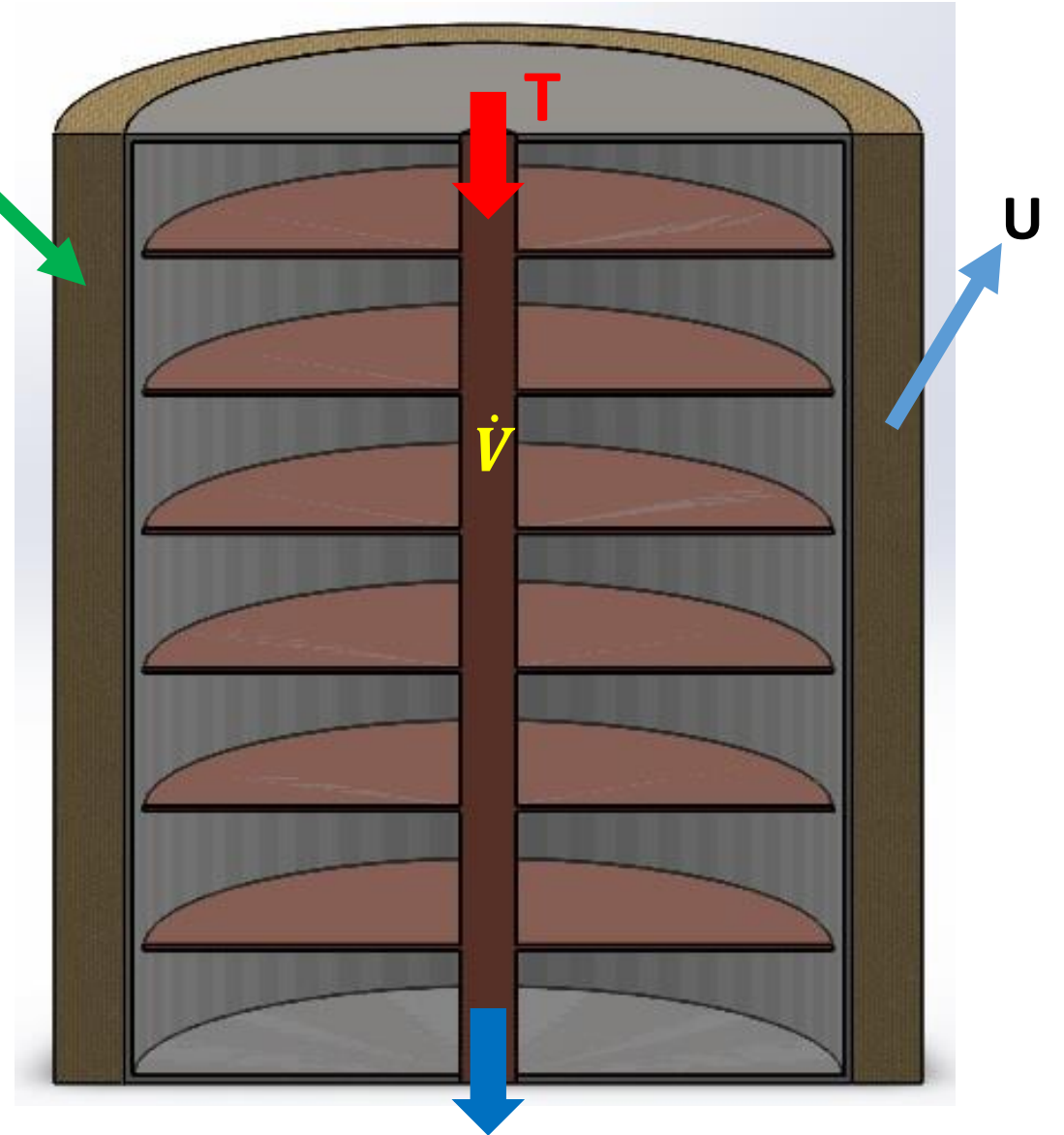
T=145°C

$$U = 10 \frac{W}{m^2 K}$$

$$\dot{V} = 0.25 \frac{L}{s}$$

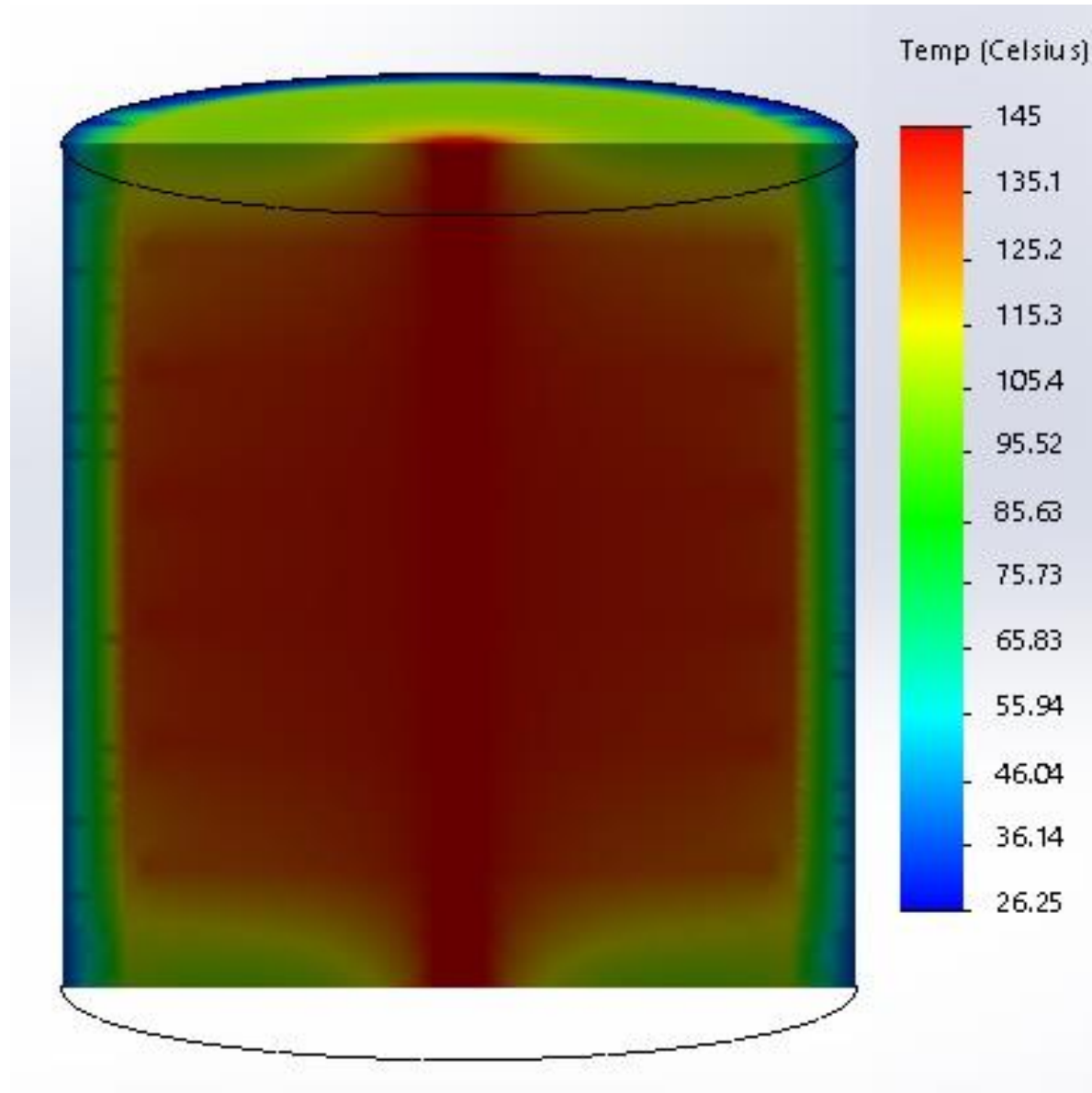
t=14 horas

Aislante



Resultados

Simulaciones Solidworks



Después de 14 horas se consigue alcanzar 135°C en el Eritritol cercano al intercambiador

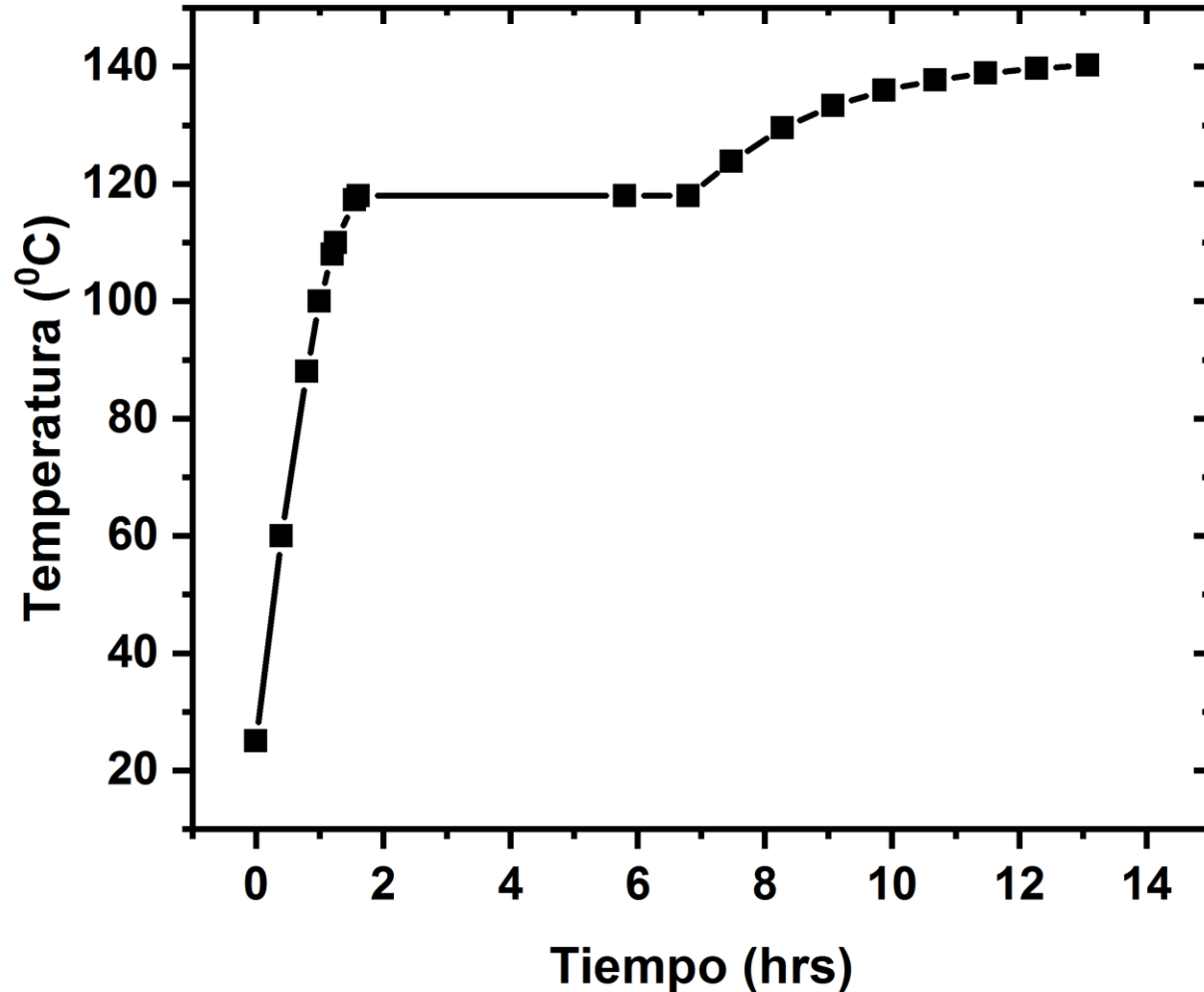
La cantidad de energía total almacenada es de 17.26 MJ

La eficiencia del proceso es de 53.27%

Fundición del Eritritol (simulación)

En 9 horas alcanza el estado estacionario.

El proceso de cambio de fase dura 6.5 horas.

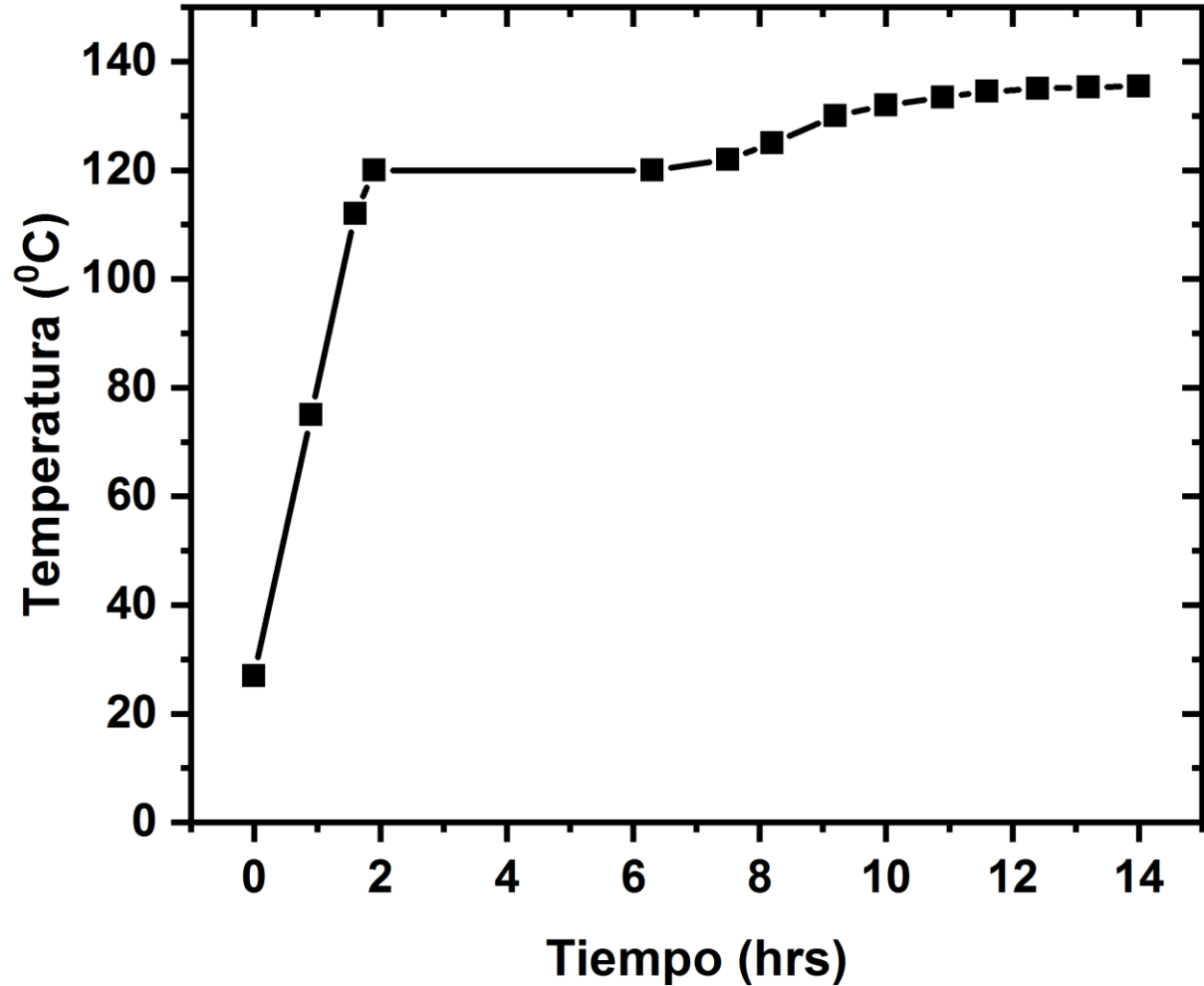


Fundición del Eritritol (real)

El Eritritol funde a 120°C debido a impurezas del material.

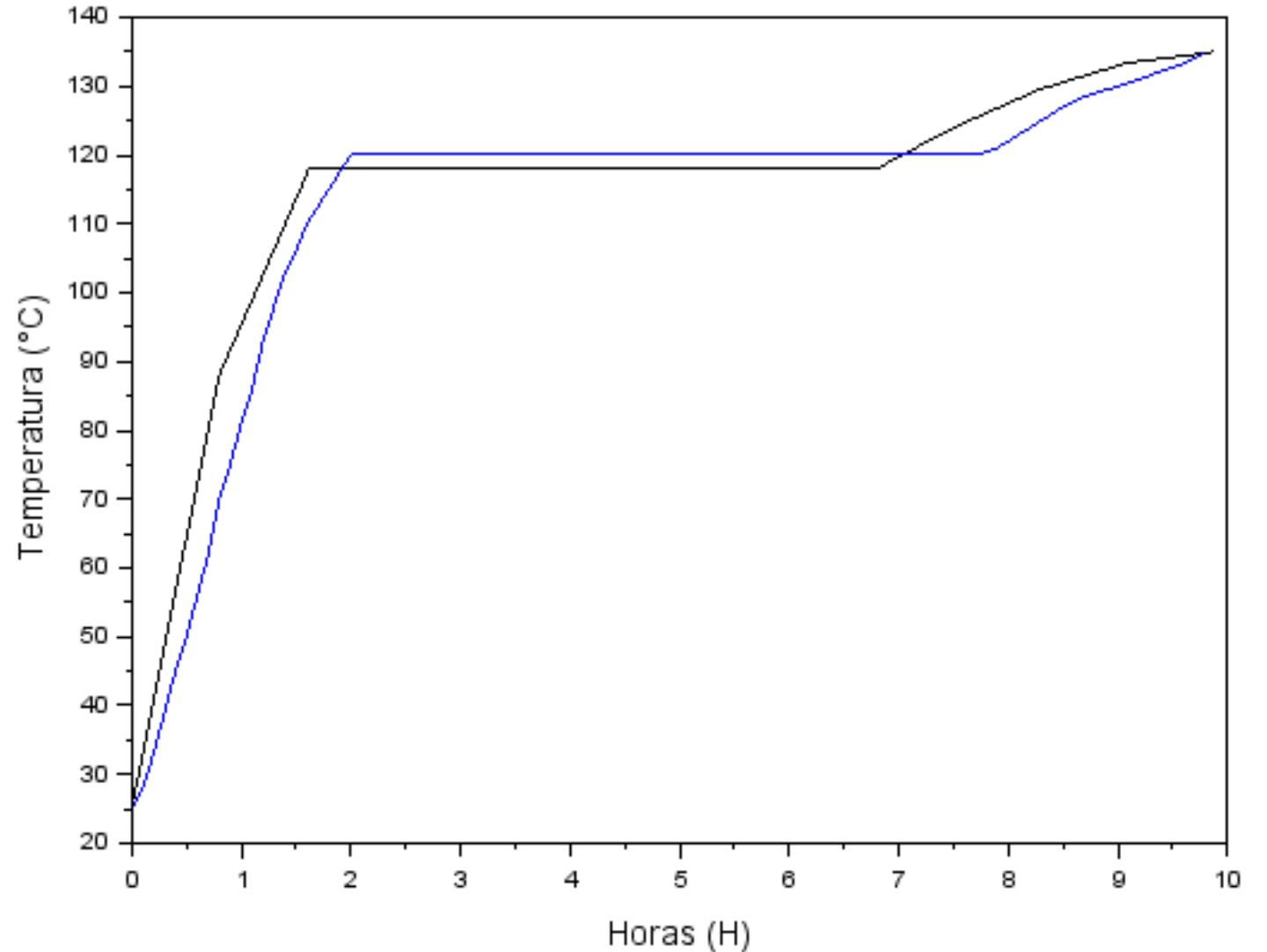
El cambio de fase dura aproximadamente 7 horas.

En casi 11 horas alcanza el estado estacionario.



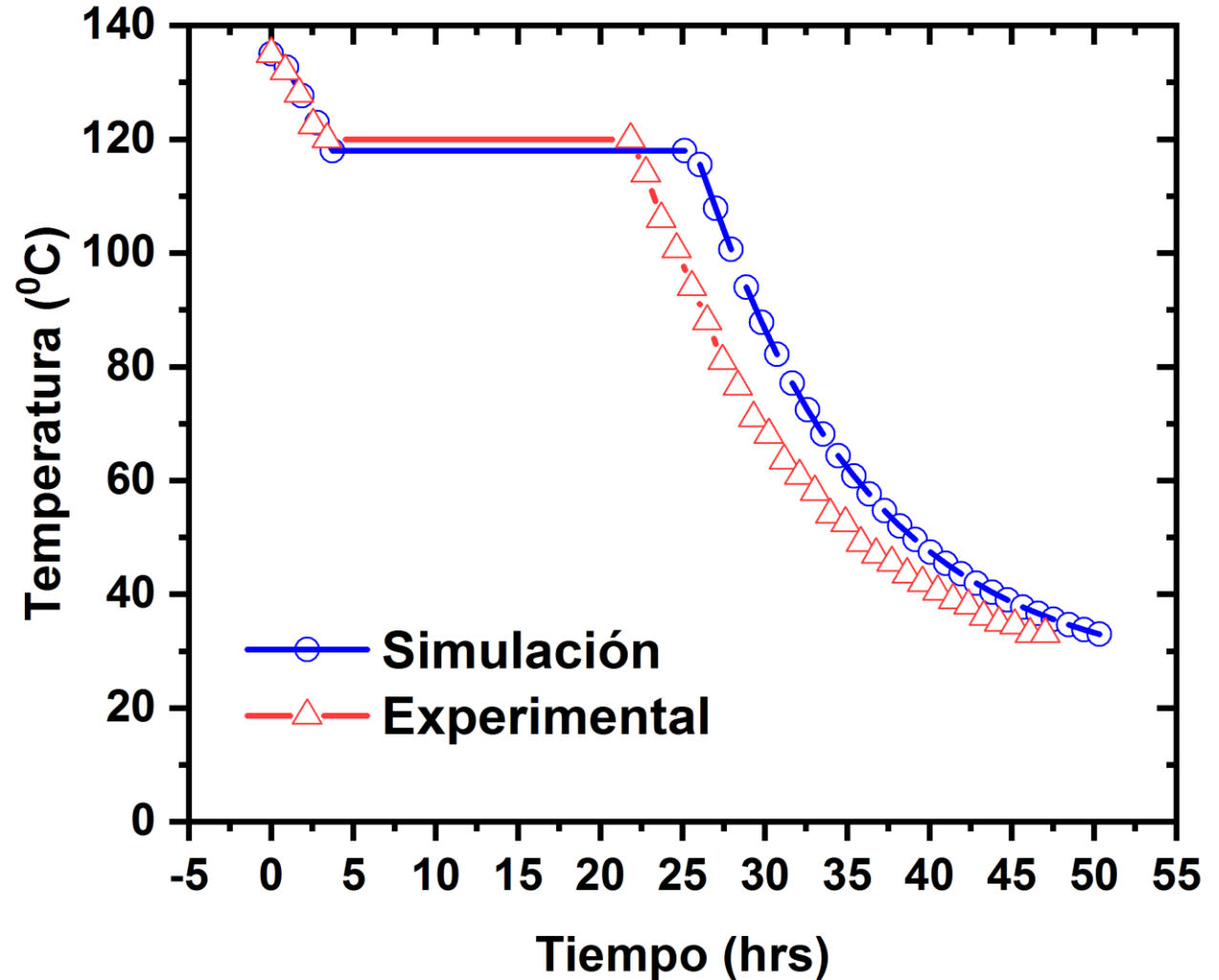
Comparación (simulación vs real)

De negro se muestra el comportamiento del proceso simulado y de azul el proceso real.



Enfriamiento (simulación vs real)

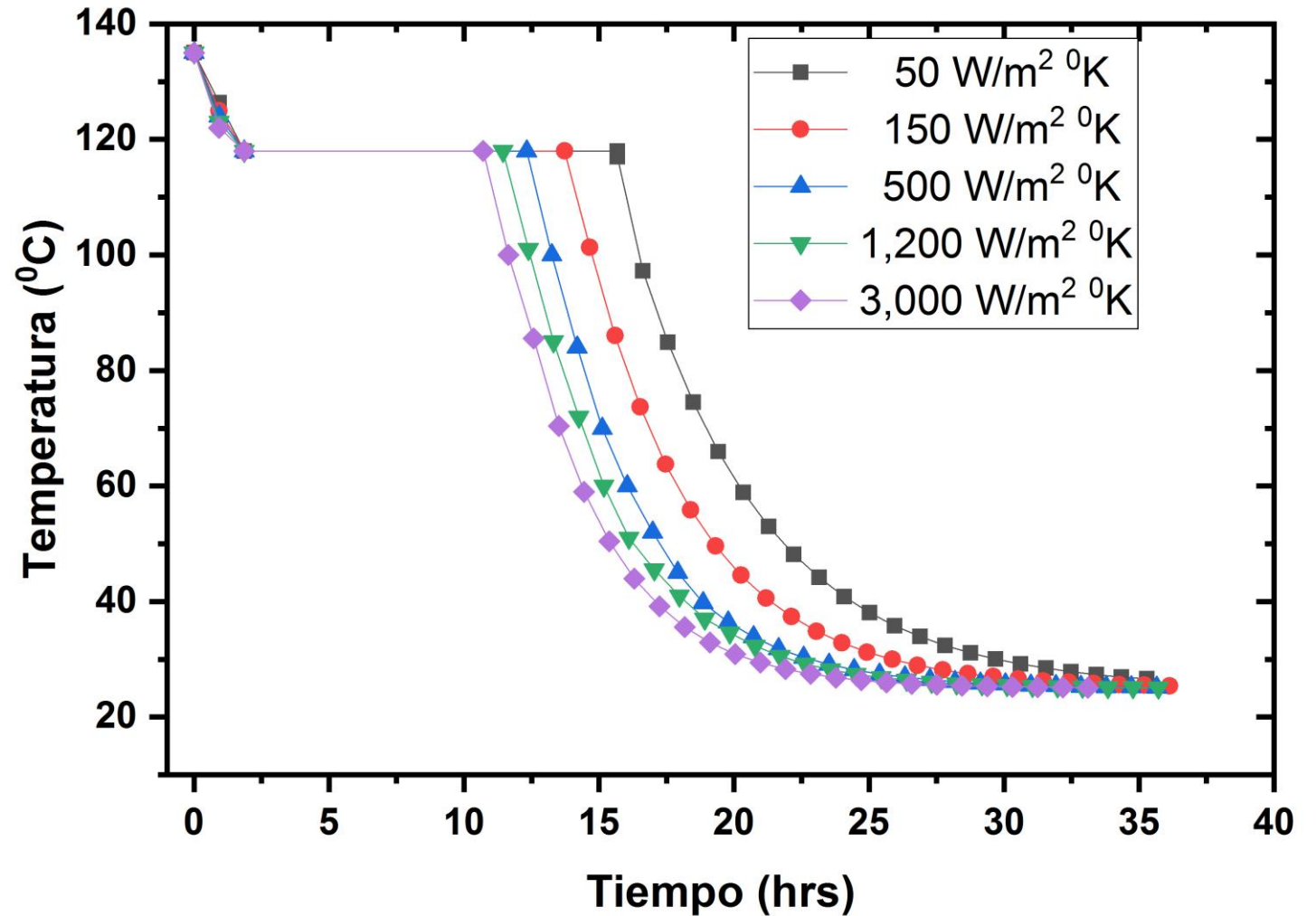
De rojo se muestra el proceso de enfriamiento real de forma natural (sin extracción forzada de energía) y de azul la simulación con un coeficiente de pérdidas de $10 \text{ W/m}^2 \text{ K}$



Extracción de energía del sistema

Se manejan distintos coeficientes de pérdida por el tubo central, simulando procesos de extracción de energía del PCM.

Se observa la descarga del material en la reducción de la línea de cambio de fase.



Eficiencia

Inyección de energía mediante resistencias eléctricas 1000 W

Tiempo del proceso

Energía almacenada en el PCM

53.27 %

Conclusiones

Sistema de fácil escalamiento dependiendo del proceso.

Adaptable a sistemas de colección solar.

Adaptable a distintos rangos de temperatura al cambiar de PCM.

Material de cambio de fase accesibles en obtención y precio.

Materiales de cambio de fase amigables con el ambiente.

Referencias

Agyenim, F., Eames, P., Smyth, M. (2010). Heat transfer enhancement in medium temperature thermal energy storage system using a multitube heat transfer array, *Renewable Energy* 35. 198–207.

Agyenim, F., Hewitt, N., Eames, P., Smyth, M. (2010). A review of materials, heat transfer and phase change problem formulation for latent heat thermal energy storage systems (LHTESS), *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 14 615–628.

Buddhi, D., Sahoo, L.K., 1997. Solar cooker with latent heat storage: Design and experimental testing. *Energy Conversion and Management* 38 (5), 493–498.

Buddhi, D., Sharma, S.D., Sharma, A., 2003. Thermal performance evaluation of a latent heat storage unit for late evening cooking in a solar cooker having three reflectors. *Energy Conversion and Management* 44, 809–817.

Cengel, Y.A., Boles, M.A. (2009). *Termodinámica*. Sexta Edición. Mc Graw Hill.

Çengel, Y.A., Ghajar, A.J. (2011). *Transferencia de calor y masa, fundamentos y aplicaciones: Yunus A. Çengel y Afshin J. Ghajar* (4a. ed.--.). México D.F.: McGraw Hill.

Farid MM, Khudhair AM, Razack SAK, Al-Hallaj S. (2004). A review on phase change energy storage: materials and applications. *Energy Convers Manage* 45:1597–615.

Hamdan MA., Elwerr FA. (1996). Thermal energy storage using a phase change material. *Sol Energy*. 56(2):183–9.

Hasnain, S.M., 1998. Review on sustainable thermal energy storage technologies, Part I: heat storage materials and techniques. *Energy Convers. Mgmt* Vol. 39, No. 11. 1127-1138.

Haynes, W. M., Lide, D. R., & Bruno, T. J. (2016). *CRC handbook of chemistry and physics: a ready-reference book of chemical and physical data*. 2016-2017, 97th Edition / Boca Raton, Florida: CRC Press.

Referencias

- Medrano, M., Yilmaz, M.O., Nogués, M., Martorell, I. Joan Roca, Cabeza, L.F. (2009). Experimental evaluation of comercial heat exchangers for use as PCM termal storage systems. *Applied Energy* 86. 2047-2055.
- Murray, R.E., Groulx, D., (2014). Experimental study of the phase change and energy characteristics inside a cylindrical latent heat energy storage system: Part 1 consecutive charging and discharging. *Renewable Energy* 62. 571-581.
- Saman W, Bruno F, Halawa E. (2005) Thermal performance of PCM thermal storage unit for a roof integrated solar heating system. *Sol Energy* 78(2):341–9.
- Sharma, A., Tyagi, V.V., Chen, C.R., Buddhi, D. (2009). Review on termal energy storage with phase change materials and applications. *Renewable and sustainable energy reviews* 13. 318-345.
- Sharma, S.D., Takeshi, I., Hiroaki, K., Kazunobu, S. (2005). Thermal performance of a solar cooker based on evacuated tube solar collector with a PCM storage unit. *Solar Energy* 78, 416 – 426.
- Shukla, A., Buddhi, D., Sawhney, R.L. 2008. Thermal cycling test of few selected inorganic and organic phase change materials. *Renewable Energy* 33. 2606-2614.
- Siegel, R. 1977. Solidification of low conductivity material containing dispersed high conductivity particles. *Int. J. Heat Mass Transfer* 20. 1087-1089.
- Tong, X., Khan, J.A., Amin, M.N. 1996. Enhacement of heat transfer by inserting a metal matrix into a phase change material. *Numerical Heat Tranfer, Part A* 30. 125-141.
- Velraj, R., Seeniraj, R.V., Hafner, B., Faber, C., Schwarzer, K. 1999. Heat transfer enhacement in a heat storage system. *Solar Energy* Vol.65, No. 3. 171-180.



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. BCIERMMI is part of the media of ECORFAN-Mexico, S.C., E: 94-443.F: 008- (www.ecorfan.org/ booklets)