

Introducción

El desarrollo en la producción de energía por recursos renovables es buscado por investigadores al rededor del mundo para desacelerar los efectos del cambio climático.

En las centrales térmicas por energía solar concentrada el componente esencial para disminuir la discordancia de las fuentes renovables y la demanda energética son los sistemas de almacén térmico de sales fundidas. El sistema más utilizado como medio de almacén por alta temperatura de trabajo, densidad y bajo costo es una mezcla binaria de Nitrato Sodio y Nitrato Potasio (60%:40% en peso) conocida como sal solar^[1]. Tres parámetros determinan directamente la capacidad de almacenamiento de energía térmica son: punto de fusión, capacidad de térmica y densidad. Un método propuesto para mejorar la capacidad térmica en la sal es la dispersión de diferentes nanopartículas, nanotubos o nanoláminas en muy pequeñas cantidades. La Tabla 1, resume algunos trabajos realizados para mejorar el calor específico de la sal solar.

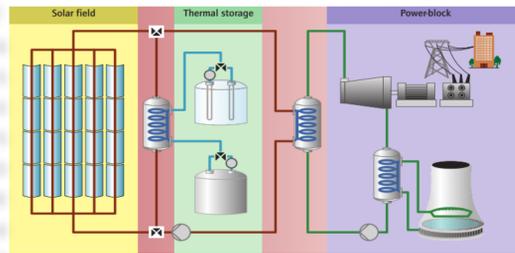


Figura 1. Central térmica

Tabla 1. Resumen de nanocompuestos

	[2]Al ₂ O ₃ 40 nm 0.78%	[3]SiO ₂ 60 nm 1%	[4]TiO ₂ 16 nm 3%	[5]CuO 20 nm 0.5%	[6]Grafeno D: 10-20 μm y G: 5-20 nm 1%
NaNO ₃ (60%)+KNO ₃ (40%)	Cp+30.6%	Cp+28%	Cp+7.5%	Cp+11.48%	Cp+16.7%

Tabla 1. Resumen de nanocompuestos

Se han realizado investigaciones para tratar de explicar y comprender los mecanismos que causan las mejoras de la capacidad de calor específico del nanocompuesto. Shin y Banerjee^[7] propusieron tres mecanismos:

Se han realizado investigaciones para tratar de explicar y comprender los mecanismos que causan las mejoras de la capacidad de calor específico del nanocompuesto. Shin y Banerjee^[7] propusieron tres mecanismos:

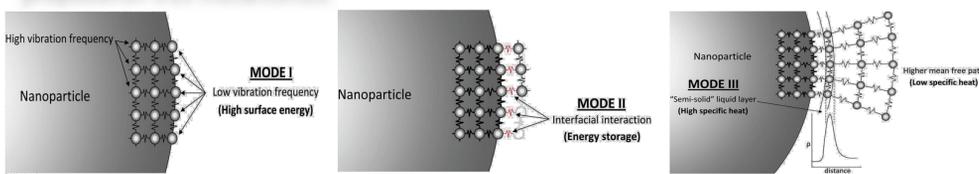


Figura 2. Mecanismos de mejora de calor específico

Objetivos

General

Obtener y caracterizar un nanocompuesto de nitrato de sodio, nitrato de potasio y evaluar el efecto en el calor específico al adicionar nanopartículas de óxido de silicio.

Particular

1. Evaluar el calor específico de la sal solar al adicionar nanopartículas en 0.5, 1.0 y 1.5% por DSC.
2. Caracterizar la microestructura del nanocompuesto evaluando la dispersión de nanopartículas por SEM.

Metodología



Figura 3. Diagrama experimental



Resultados

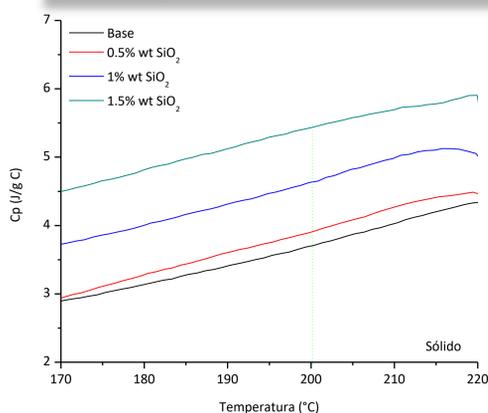


Figura 4. Calor específico en el estado sólido

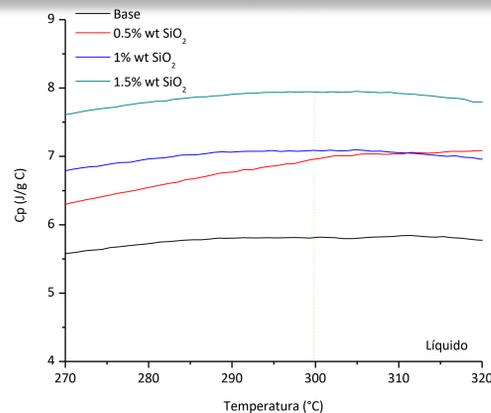


Figura 5. Calor específico en el estado líquido

Resultados y discusión

Los datos de calor específico se determinó a 200 y 300°C en sólido y líquido respectivamente. En los nanocompuestos se identifica un aumento que coincide con la mayor cantidad de nanopartículas dispersas en la sal, por lo que a 300°C el porcentaje de mejora es de 36% para 1.5% en peso de SiO₂ de manera aun satisfactoria como lo indica Shin y Banerjee^[7] el estado sólido suele tener propiedades térmicas más altas en este caso el porcentaje de mejora en fase solida fue 46% para 1.5% en peso de SiO₂.

Tabla 2. Comparación del porcentaje de mejora de sólido y líquido

Esquema experimental		% de mejora Sólido	% de mejora Líquido
Sal base puro		-	-
SiO ₂	0.5	5	19
	1.0	25	21
	1.5	46	36

En los mapeos por EDX se observa en una distribución uniforme del elemento silicio (color rojo) entre los elementos potasio (color verde) y sodio (color azul). Se observaron zonas de buena dispersión de nanopartículas de óxido de silicio en las tres concentraciones. En el nanocompuesto de concentración de 1.5% se tiene una mayor saturación de nanopartículas sin embargo no se observaron zonas de aglomeración representativas. La alta área superficial por unidad de masa que permitió una interacción entre la capas de moléculas de la nanopartícula y la capa de moléculas de líquido circundante, de interacción interfacial de moléculas permitieron a la concentración de 1.5% el mayor aumento en el calor específico del nanofluido.

En microestructura se encontró a los elementos de la sal solar bien definidos. Clusters de nanopartículas de dimensiones de 1000 nm como Andreu-Cabedo et al^[8], y Xie et al^[6], concluyen que se pueden alcanzar, no fueron apreciados en este estudio. Confirmando reiteradamente que la estructura de las nanopartículas en la sal puede ser de dimensiones menores a por ende aportando una alta área superficial de interacción interfacial.

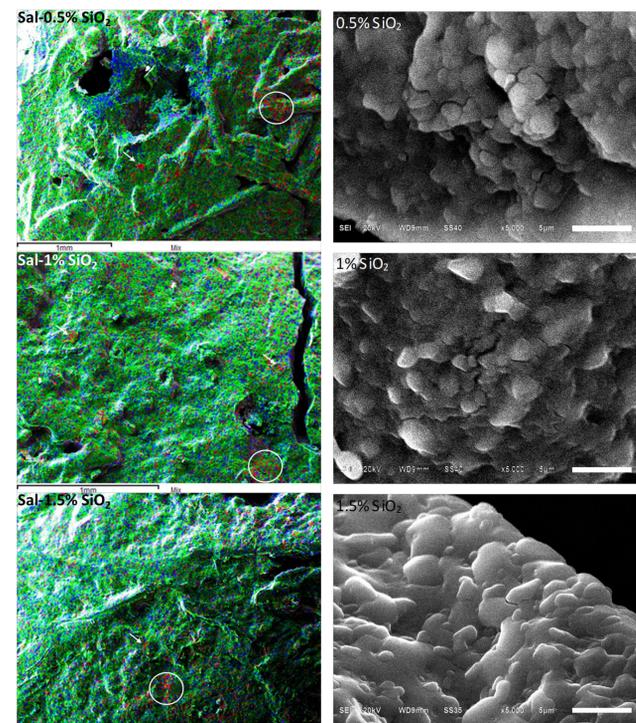


Figura 6. Imágenes EDX y SEM de sales dopadas

Muñoz et al^[1] analizaron la influencia en los factores mas relevantes en la mejora del calor específico de fluidos a base de sales:

1. Influencia por porcentaje de NP's
2. Influencia por el tamaño y morfología
3. Influencia por el procedimiento de síntesis
4. Influencia por la composición de la sal base.

Conclusión

Los resultados mostrados en mejoramiento de calor específico de la sal solar permite identificar una gran dependencia en la cantidad de nanopartículas agregadas. Este nanocompuesto presenta mejoras en los estados sólido y líquido en 46 y 36% respectivamente en su calor específico. La sal solar se ve potencializada como fluido de transferencia térmica, en el dimensionamiento de equipo y mejorando la eficiencia de los sistemas de concentración solar.

Agradecimientos

Este trabajo fue apoyado por el Centro Universitario de Investigación de la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla.

Referencias

[1] Muñoz-Sánchez, B., Nieto-Maestre, J., Iparraguirre-Torres, I., García-Romero, A., & Sala-Lizarraga, J. M. (2017). Molten salt-based nanofluids as efficient heat transfer and storage materials at high temperatures. An overview of the literature. (October)

[2] Schuller, M., Shao, Q., & Lalk, T. (2015). Experimental investigation of the specific heat of a nitrate-alumina nanofluid for solar thermal energy storage systems. *International Journal of Thermal Sciences*, 91, 142–145.

[3] Dudda, B., & Shin, D. (2013). Effect of nanoparticle dispersion on specific heat capacity of a binary nitrate salt eutectic for concentrated solar power applications. *International Journal of Thermal Sciences*, 69, 37–42.

[4] Lasfargues, M., Bell, A., & Ding, Y. (2016). In situ production of titanium dioxide nanoparticles in molten salt phase for thermal energy storage and heat-transfer fluid applications. *Journal of Nanoparticle Research*, 18(6), 1–11.

[5] Luo, Y., Du, X., Awad, A., & Wen, D. (2017). Thermal energy storage enhancement of a binary molten salt via in-situ produced nanoparticles. *International Journal of Heat and Mass Transfer*, 104, 658–664.

[6] Xie, Q., Zhu, Q., & Li, Y. (2016). Thermal Storage Properties of Molten Nitrate Salt-Based Nanofluids with Graphene Nanoplatelets. *Nanoscale Research Letters*, 11(1), 306

[7] Shin, D., & Banerjee, D. (2011b). Enhancement of specific heat capacity of high-temperature silica-nanofluids synthesized in alkali chloride salt eutectics for solar thermal-energy storage applications. *International Journal of Heat and Mass Transfer*, 54, 1064–1070

[8] Andreu-Cabedo, P., Mondragon, R., Hernandez, L., Martinez-Cuenca, R., Cabedo, L., & Julia, J. E. (2014). Increment of specific heat capacity of solar salt with SiO₂ nanoparticles. *Nanoscale Research Letters*, 9(1), 582