

Clave de la Propuesta	PPI- - -		
Puntos a considerar	Si	No	Observaciones/Comentarios
¿Se incluyen los datos de la <b>Portada</b> (licenciatura, título, modalidad, versión, declaratoria, firmas, etc.)?			
¿La extensión del <b>Título</b> es adecuada y sin abreviaturas?			
¿El <b>Título</b> refleja de forma clara lo que se trabajará en el proyecto?			
¿La <b>Introducción</b> describe en forma concisa el área de aplicación del proyecto?			
¿Los <b>Antecedentes</b> sitúan el proyecto propuesto respecto a otros trabajos?			
¿La <b>Justificación</b> describe la razón, relevancia o necesidad que origina el proyecto?			
¿El <b>Objetivo General</b> es claro y tiene relación directa con el proyecto a realizar?			
¿Los <b>Objetivos Particulares</b> se engloban en el objetivo general?			
¿La secuencia de actividades que se presenta en la <b>Metodología</b> es congruente con los objetivos y permite que se alcancen éstos?			
¿La <b>Descripción Técnica</b> presenta las especificaciones generales y particulares (materiales, dimensiones, normas, etc.), así como la explicación funcional de cada uno de los bloques del sistema a desarrollar?			
¿La <b>Normatividad</b> mencionada da un marco a la propuesta?			
¿El <b>Cronograma de Actividades</b> señala con claridad las tareas a realizar para alcanzar los objetivos del proyecto?			
¿El proyecto es realizable en el tiempo propuesto?			
¿Se encuentran indicados los <b>Entregables</b> dentro de la propuesta? ¿Se incluye explícitamente la entrega del <b>Reporte Final</b> ?			
¿Se incluyeron las <b>Referencias Bibliográficas</b> y estas cumplen con el formato solicitado?			
¿La <b>Terminología</b> específica del proyecto, que no es del conocimiento general en Ingeniería Mecánica, está claramente explicada?			
¿Se indican instalaciones, equipos y materiales que se requieren para realizar el proyecto?			
¿La propuesta tiene una redacción clara y sin faltas ortográficas?			
¿El enfoque del trabajo corresponde a un proyecto de Ingeniería Mecánica?			
Observaciones			
Estado de la propuesta		Comité de Estudios de Ingeniería Mecánica	
( ) Autorizada      ( ) Revisada      ( ) No autorizada			

**Universidad Autónoma Metropolitana  
Unidad Azcapotzalco  
División de Ciencias Básicas e Ingeniería**

**Propuesta de Proyecto de Integración en Ingeniería Mecánica**

**Licenciatura:** Ingeniería Mecánica.

**Nombre del Proyecto de Integración (PI):** Diseño térmico y evaluación numérica de una estufa solar con sistema de almacenamiento energético interno.

**Modalidad:** Proyecto de Investigación.

**Versión:** Segunda.

**Trimestre Lectivo:** 24 – P

**Datos del alumno**

**Nombre completo y matrícula:**

Ramsés Jordan Bolaños López – 2203032304

**Correo electrónico:**

al2203032304@azc.uam.mx



\_\_\_\_\_  
Firma

**Datos del asesor**

Dr. Hilario Terres Peña.

Profesor titular.

Departamento de Energía.

Teléfono: (55) 53189061

Correo electrónico: tph@azc.uam.mx

\_\_\_\_\_  
Firma

**Datos del co-asesor**

M. en C. René Rodríguez Rivera.

Profesor asistente.

Departamento de Energía.

Teléfono: (773) 736 9335

Correo electrónico: rerori@azc.uam.mx

\_\_\_\_\_  
Firma

Fecha: 19/Septiembre/2024

En caso de que el Comité de Estudios de la Licenciatura en Ingeniería Mecánica apruebe la realización de la presente propuesta, otorgamos nuestra autorización para su publicación en la página de la División de Ciencias Básicas e Ingeniería.

---

Ramsés Jordan Bolaños López

---

Dr. Hilario Terres Peña

---

M. en C. René Rodríguez Rivera

# 1. Introducción.

Según los resultados obtenidos por la Encuesta Nacional sobre Consumo de Energéticos en Viviendas Particulares (ENCEVI), realizada por el Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI) en el año 2018, de la energía térmica que se consume en las viviendas, la mayor proporción se destina a la cocción/calentamiento de alimentos. El combustible principal de uso en las viviendas del país es el gas LP con 79%. Se resalta que la energía solar no se encuentra dentro de las energías más empleadas, pues representa menos del 2% del porcentaje total en dicho rubro de la ENCEVI [1].

Por ende, el estudio y desarrollo de las cocinas solares representa una alternativa que busca el aprovechamiento del recurso solar, siendo un energético renovable. Cuando se habla de un sistema de almacenamiento de energía para una estufa solar, brinda la posibilidad de hacer uso de ésta aun cuando deja de percibir la radiación solar. Véase Figura 1.

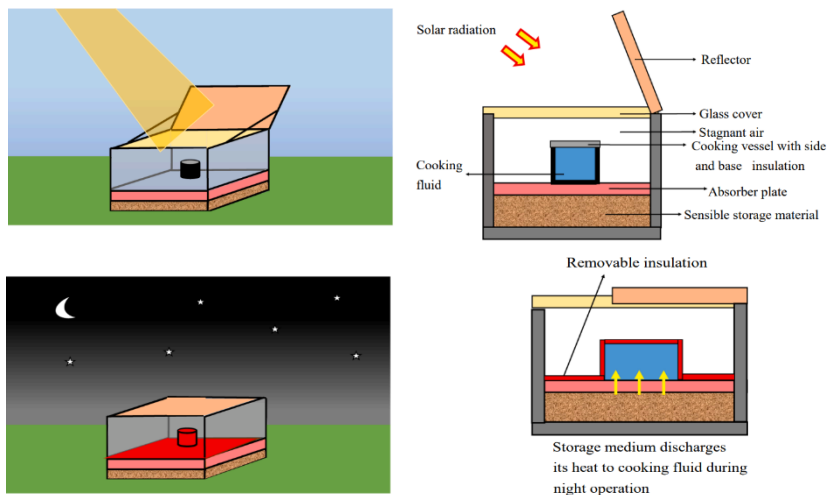


Figura 1. Esquemización del funcionamiento una estufa solar tipo caja en diferentes condiciones atmosféricas. Un día soleado (arriba) y un periodo nocturno (abajo). [2]

Claro que, la primera pregunta que surge al momento de pensar en una estufa solar es ¿Qué pasará cuando no se percibe la cantidad necesaria de radiación solar para hacer uso de la estufa? Esto sucede en diferentes escenarios como en un día nublado, lluvioso o el caso más común: en la noche. Para esto, se han hecho estudios relacionados a encontrar una forma conveniente de almacenar el calor obtenido de la radiación solar obtenida y utilizarla cuando se necesite. En este proyecto se propone realizar el diseño térmico y evaluación numérica de una estufa solar tipo caja para determinar el mejor material dentro de una selección de tres materiales que han demostrado contar con un buen desempeño para almacenar energía térmica con un precio asequible, que permita la mayor acumulación de energía térmica posible.

## 2. Antecedentes.

A lo largo del siglo XX, Kumar et al. [3] realizaron numerosos estudios para optimizar el diseño de las estufas solares de tipo caja. Se investigaron diferentes materiales y configuraciones para mejorar la eficiencia térmica y la capacidad de retención de calor, incluyendo la incorporación de materiales con alta capacidad térmica como piedras o ladrillos para el almacenamiento de calor sensible. Este estudio aporta a este proyecto para conocer los fundamentos necesarios para el diseño de una estufa solar tipo caja con almacenamiento interno de energía y de sus componentes.

Durante el año 2009, Sharma et al. [4] realizaron estudios centrados en la mejora del almacenamiento de calor sensible dentro de las estufas solares. Se evaluaron materiales como la sal de Glauber, el nitrato de sodio, y diversas cerámicas, debido a su alta capacidad para almacenar y liberar calor lentamente, permitiendo cocinar incluso después de la puesta del sol. Este trabajo es relevante para este proyecto gracias a sus estudios en materiales cerámicos, ya que dentro de los objetivos de este se encuentra el estudio del barro para ser empleado como almacenador energético.

En el 2018, Saxena et al. [5] encontraron que el neopreno puede mejorar significativamente la eficiencia térmica de la estufa, permitiendo una cocción más prolongada y estable, incluso en condiciones de baja radiación solar. Para este proyecto, este estudio obtiene su relevancia debido a la información obtenida con respecto al neopreno, material que está contemplado dentro de los objetivos de este proyecto para evaluar su comportamiento para ser utilizado para fungir como el material de almacenamiento de calor.

En 2021, Sunirmit et al. [2] realizaron un modelo totalmente analítico de una estufa solar tipo caja con almacenamiento de calor sensible; determinaron las soluciones analíticas para este caso de estudio, así como parámetros importantes para el análisis de la estufa solar. Este trabajo coadyuvará a establecer los balances de energía de los diferentes componentes de la estufa solar y considerar condiciones iniciales estimadas con base a la información recuperada.

### 3. Justificación.

En una estufa solar de tipo caja se generan pérdidas de calor a causa de los materiales de almacenamiento energético, si estos no son los óptimos, al suscitarse condiciones atmosféricas en donde la cantidad de radiación solar no es la esperada puede generar que el sistema no cuente con la eficiencia esperada para calentar alimentos. En este proyecto se simulará la operación de una estufa solar tipo caja en la que se incorporará una placa sólida de barro, cerámica y neopreno para almacenar energía térmica. Con los resultados de la simulación, se identificará cuál de los tres materiales proporciona una mejor operación de la estufa con radiación solar incidente y después de la puesta de sol. Cada uno de los tres materiales fueron elegidos a razón de poder adquirirse con un costo aceptable para este propósito y cuentan con la posibilidad de obtenerse mediante materiales reutilizados, como vasijas y trastes rotos en el caso del barro o la cerámica, y sobrantes/desechos de fabricación en el caso del neopreno.

### 4. Objetivos.

#### **Objetivo general.**

Diseñar y evaluar térmica y numéricamente una estufa solar de tipo caja con almacenamiento interno de energía.

#### **Objetivos particulares.**

Evaluar la incidencia de radiación solar y la distribución de temperaturas en una estufa solar de tipo caja junto con sus propiedades de operación.

Diseñar una estufa solar de tipo caja con almacenamiento energético interno aplicando tres diferentes materiales para la composición de la placa almacenadora de energía.

Comparar la evolución de temperaturas en la placa almacenadora de energía en diferentes condiciones atmosféricas para cada opción de composición de la placa almacenadora.

## 5. Metodología.

Se analizarán las características cualitativas y dimensionales de una cocina solar tipo caja, disponible en el Laboratorio de Termofluidos. Se realizarán pruebas experimentales con dicha estufa operando en diferentes condiciones climáticas (cielo despejado, nublado y horarios post-crepusculares) en la Ciudad de México para obtener datos de su operación y establecer las condiciones de frontera que se utilizarán en la simulación. Se analizará mediante el software Ansys Transient Thermal Analysis una cocina solar de tipo caja con almacenamiento interno de energía. Se modelará la distribución de temperaturas de la placa almacenadora simulada para cada condición climática, aplicando las propiedades del barro, la cerámica y el neopreno para el calentamiento de un recipiente cilíndrico de medidas específicas para un litro de agua potable. Se evaluará numéricamente el desempeño de la estufa solar simulada operando por separado con cada una de las tres propuestas de material almacenador. Se establecerán conclusiones a partir de los resultados obtenidos.

## 6. Normatividad.

ASAE S580.1 NOV2013 Testing and Reporting Solar Cooker Performance. Esta norma expone la metodología a seguir para analizar, describir, evaluar y realizar pruebas en estufas solares. En este proyecto obtiene su relevancia a razón de proponer un formato establecido para la presentación de resultados en pruebas de cocinas solares, aportando a la correcta descripción, evaluación e interpretación de datos obtenidos de la estufa.

BIS IS 13429:2000 — Indian Standard — Solar Cooker – Box Type — Specification: Esta norma es específica para las estufas solares de tipo caja, estableciendo los requisitos de diseño, materiales, fabricación y pruebas para garantizar su eficiencia y seguridad. Aporta a este proyecto con los lineamientos a seguir para establecer los parámetros de diseño fundamentales para la estufa solar de tipo caja con almacenamiento energético interno.

ISO 9806:2017 - Solar energy — Solar thermal collectors — Test methods: Esta norma internacional establece los métodos de prueba para evaluar el rendimiento térmico de los colectores solares, lo que incluye estufas solares de tipo caja. El seguimiento de esta norma proporciona los lineamientos sobre cómo medir la eficiencia y el comportamiento bajo diferentes condiciones, lo cual es relevante para este proyecto.

## 7. Cronograma de actividades.

Se solicita autorización para la UEA:

- Proyecto de Integración en Ingeniería Mecánica I.

Actividades del trimestre <b>24 – O</b>		Semana											
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	Recopilar características de la estufa solar de tipo caja ubicada en el Laboratorio de Termofluidos.	■	■										
2	Recopilar datos y parámetros de operación de la estufa solar en días soleados			■	■								
3	Recopilar datos y parámetros de operación de la estufa solar en días lluviosos o nublados					■	■						
4	Recopilar datos y parámetros de operación de la estufa solar después de la puesta de sol (radiación cercana a ser nula)							■	■	■			
5	Diseñar estufa solar en Ansys Transient Thermal Analysis con almacenamiento interno de energía										■	■	■

Actividades del trimestre <b>25 – I</b>		Semana											
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	Simular estufa solar en Ansys Transient Thermal Analysis con almacenamiento interno de energía	■	■	■	■								
2	Evaluar numéricamente temperaturas en superficie de contacto de cada opción de material almacenador de energía					■	■	■					
3	Modelar distribución de temperaturas en placa de almacenamiento utilizando las propiedades físicas de los materiales seleccionados para calentar agua.								■	■			
4	Analizar los resultados obtenidos y elaborar conclusiones.										■	■	
5	Elaborar y entregar el reporte final.	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■

## 8. Entregables.

Reporte final.



## 9. Referencias bibliográficas.

- [1] Instituto Nacional de Estadística y Geografía, 2018, *Encuesta Nacional sobre Consumo de Energéticos en Viviendas Particulares (ENCEVI)*. INEGI, México.
- [2] Verma, S., Banerjee, S., & Das, R., 2021. *A fully analytical model of a box solar cooker with sensible thermal storage*, Solar Energy, 233. pp. 531 – 542.
- [3] Kumar, S., & Tiwari, G. N., 1996. *Design, fabrication and performance evaluation of a hybrid photovoltaic-thermal (PV/T) active solar still*. Energy Conversion and Management, 37(4), pp. 529-532.
- [4] Sharma, A., Tyagi, V. V., Chen, C. R., & Buddhi, D., 2009. *Review on thermal energy storage with phase change materials and applications*. Renewable and Sustainable Energy Reviews, 13(2), pp. 318-345.
- [5] Saxena, A., & Varun, 2018. *Performance enhancement of a solar box cooker by using neoprene as a thermal storage material*. International Journal of Green Energy, 15(2), pp. 110-119.

## 10. Terminología

No es necesaria.

## 11. Infraestructura.

Centro de Desarrollo Asistido por Computadora de la Unidad Azcapotzalco.

## 12. Asesoría complementaria.

No es necesaria.

## 13. Publicación o difusión de los resultados.

No se tiene la intención de publicar.

	<b>Comentario del CEIM</b>	<b>Acción realizada en la PPI</b>
<b>Portada</b>	Agregar encabezado: Universidad Autónoma Metropolitana Unidad Azcapotzalco División de ciencias básicas e ingeniería	Se agregó la información faltante.
<b>Pág. 2</b> Introducción	Corrección ortográfica sugerida: “ésta” en vez de “esta”.	Se corrigió bajo dicha sugerencia.
<b>Pág. 2</b> Introducción	Cambio sugerido: “almacenar calor” a “almacenar energía térmica”	Se corrigió bajo dicha sugerencia.
<b>Pág. 3</b> Antecedentes	Cito al CEIM: “Cuando son dos autores o más, sólo se coloca el apellido del primero y la palabra en latín et al.” dicho para cada antecedente.	Se implementó el formato adecuado para mencionar a dos autores o más para cada uno de los antecedentes.
<b>Pág. 4</b> Justificación	Recomienda revisar la redacción.	Se redujo la extensión del enunciado resaltado por el CEIM, estableciendo mayor precisión en la idea a expresar.
<b>Pág. 4</b> Objetivos	Confusión en la disposición del material almacenador de energía: placa o pedacería.	Se establece que el material almacenador de energía se simulará como una placa sólida y uniforme y no en forma de pedacería.
<b>Pág. 5</b> Metodología	Recomienda revisar la redacción.	Se establece mayor precisión en la idea a expresar.
<b>Pág. 5</b> Metodología	¿Cuáles son las fuentes para recopilar sus datos?	Se introduce la mención de que se harán pruebas experimentales para obtener dichos datos.
<b>Pág. 5</b> Metodología	Cambio sugerido: “diseñará” a “analizará”	Se corrigió bajo dicha sugerencia.
<b>Pág. 6</b> Cronograma	Corrección ortográfica sugerida: “Sol” a “sol”.	Se corrigió bajo dicha sugerencia.
<b>Pág. 6</b> Cronograma	Corrección ortográfica sugerida: “Radiación” a “radiación”.	Se corrigió bajo dicha sugerencia.
<b>Pág. 6</b> Cronograma	Cambio sugerido: “Diseñar” a “Simular”	Se corrigió bajo dicha sugerencia.
<b>Observaciones</b>	¿Se cuenta con licencia del programa Ansys Transient Thermal Analysis?	<b>Respuesta:</b> Sí, con la versión estudiantil que me limita hasta 500 mil elementos, los cuales son suficientes para el mallado de la estufa.
<b>Expo.</b>	¿La superficie de contacto alcanza la temperatura de ebullición del agua?	<b>Respuesta:</b> Sí, con las condiciones de operación necesarias.
<b>Expo.</b>	Si se lleva a cabo la construcción, ¿Qué tanta aproximación se tendrá al simular una placa solida de material almacenador si en la realidad se fabrica a partir de pedacería?	<b>Respuesta:</b> El proyecto no contempla la construcción del dispositivo diseñado. Tampoco será necesario simular la porosidad, es suficiente con una placa sólida.