

UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN CRISTÓBAL DE HUAMANGA

FACULTAD DE INGENIERÍA DE MINAS, GEOLOGÍA Y CIVIL

UNIDAD DE INVESTIGACIÓN E INNOVACIÓN

PROGRAMA: FÍSICA APLICADA

ÁREA: ENERGÍA RENOVABLES



PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

**SIMULACIÓN TÉRMICA DE UN ACUMULADOR CON PARAFINA
MEDIANTE COMSOL MULTIPHYSICS PARA UNA COCINA SOLAR**

RESPONSABLE : Mg. JANAMPA QUISPE, Kléber

MIEMBROS : Mg. CERÓN BALBOA, Octavio

AYACUCHO - PERÚ

2019

I. GENERALIDADES

1.1. Título

SIMULACIÓN TÉRMICA DE UN ACUMULADOR CON PARAFINA MEDIANTE
COMSOL MULTIPHYSICS PARA UNA COCINA SOLAR

1.2. Responsable

Mg. JANAMPA QUISPE, Kléber

Miembros

Mg. CERON BALBOA, Octavio

1.3. Resumen

En el presente proyecto se propone desarrollar un modelo matemático unidimensional que describa los mecanismos de transporte de calor en un acumulador térmico de cambio de fase (PCM), que utilice la parafina al interior de una cocina solar y resolverlo numéricamente utilizando COMSOL Multiphysics 5.3

1.4. Tipo de investigación

Aplicada

1.5. Cronograma de actividades detallado por trimestre

- a. Recopilación bibliográfica.
- b. Desarrollo del modelo matemático unidimensional que describa los mecanismos de transporte de calor en un acumulador térmico con PCM
- c. Simulación de los mecanismos de transferencia de calor en el acumulador térmico, mediante el software COMSOL Multiphysics 5.3
- d. Evaluación de los parámetros térmicos del acumulador en una cocina solar

COMSOL Multiphysics 5.3

Responsable: Kléber Janampa Quispe

ACTIVIDADES	TRIMESTRES			
	I	II	III	IV
Revisión Bibliográfica COMSOL Multiphysics 5.3	X			
Diseño de prototipo de acumulador solar térmico		X		
Simulación Térmica del acumulador solar térmico			X	

Evaluación: Evaluación de los parámetros térmicos del acumulador solar térmico por cambio de fase				X
---	--	--	--	---

Acumuladores de cambio de fase

Responsable: Octavio Cerón Balboa

ACTIVIDADES	TRIMESTRES			
	I	II	III	IV
Revisión Bibliográfica: Acumuladores de cambio de fase	X			
Diseño del prototipo: Materiales de cambio de fase.		X		
Simulación: Del acumulador solar térmico.			X	
Evaluación: Evaluación de los parámetros térmicos				X

1.6. Recursos disponibles

Recursos Humanos:

- ✓ Investigadores del CER-UNSCH
- ✓ Investigadores del CER-UNI
- ✓ Asociación Peruana de Energía Solar y del Ambiente (APES)
- ✓ El Comité Régional D'éducation Pour Le Développement International De Lanaudière (CREDIL – JOLIETTE) Canadá
- ✓ Red Ecológica Interinstitucional Hatun Sacha (REIHS)
- ✓ Estudiantes de la UNSCH

Recursos Materiales

Equipos e instrumentos del CER-UNSCH

Equipos e instrumentos del Laboratorio de Física- UNSCH

1.7. Presupuesto

Bienes:

▪ Materiales de escritorio	S/. 500,00
▪ Materiales de impresión	S/. 400,00
▪ Textos y revistas especializadas	S/. 1 300,00
▪ Material para publicación en una revista	S/. 400,00
▪ Software especializados	S/. 2 500,00

Servicios:

▪ Internet	400,00
▪ Impresiones	S/. 300,00

TOTAL

S/. 5 800,00

1.8. Financiamiento

Oficina General de Investigación e Innovación- UNSCH

II. PLAN DE INVESTIGACIÓN

1. Problema

Nominal

La energía solar es un recurso dependiente del tiempo, de manera que los requerimientos de energía también son dependientes del tiempo y muchas veces no coinciden la disponibilidad del recurso solar con la demanda de energía (Nacif, 2011), por lo que los sistemas basados en energía solar, muestran limitaciones asociadas con la entrega de energía, lo que causa un rendimiento inestable y diseños poco confiables. Estas variaciones dependen de las condiciones climáticas propias de cada zona (Ochoa, 2016), fluctuaciones que contribuyen a la inestabilidad en la cantidad de energía disponible (Escobar et al, 2017). Específicamente las aplicaciones de cocinas solares muestran su mayor dependencia temporal del sol, por lo que hay la necesidad de incorporar sistemas de almacenamiento de energía, que permitan estabilizar el requerimiento de energía para la cocción de alimentos. Para determinar las características morfológicas y térmicas del acumulador encontramos una herramienta basada en computadora para simular el comportamiento del sistema, en donde se puede estudiar el efecto de cambios internos y externos del sistema, al hacer alteraciones en el modelo y observando los efectos de esas alteraciones en el comportamiento del mismo.

Operativa

Problema General

¿De qué manera la simulación de la transferencia de calor en un acumulador térmico con material de cambio de fase (parafina), mediante elementos finitos utilizando el software COMSOL Multiphysics 5.3 permite optimizar el aprovechamiento del calor en una cocina solar?

Problemas Específicos

- ¿De qué manera la simulación de la transferencia de calor unidimensional en un acumulador térmico plano con parafina, mediante elementos finitos utilizando el software COMSOL Multiphysics 5.3 permite obtener la distribución de temperaturas en base a condiciones de frontera determinadas?

- ¿En qué medida la propuesta de dos diferentes configuraciones geométricas de acumuladores térmicos con parafina, mediante los resultados de la simulación, permite optimizar el aprovechamiento del calor en una cocina solar?

2. Objetivos

General

Simular la transferencia de calor en un acumulador térmico con material de cambio de fase (parafina), mediante elementos finitos utilizando el software COMSOL Multiphysics 5.3 para optimizar el aprovechamiento del calor en una cocina solar.

Específicos

- Simular la transferencia de calor unidimensional en un acumulador térmico plano con parafina, mediante elementos finitos utilizando el software COMSOL Multiphysics 5.3 para obtener la distribución de temperaturas en base a condiciones de frontera determinadas.
- Proponer dos diferentes configuraciones geométricas de acumuladores térmicos con parafina, mediante los resultados de la simulación, para optimizar el aprovechamiento del calor en una cocina solar.

3. Marco Teórico

ALMACENAMIENTO DE CALOR LATENTE

Almacena la energía térmica en forma de calor latente, calor de cambio de estado del material.

Se caracteriza por que las operaciones de carga y descarga del sistema tienen lugar a temperaturas casi constantes, se da una diferencia mínima de temperaturas entre ambos procesos. La mayor parte de los materiales de cambio de fase tienen una baja conductividad térmica, lo cual conduce a bajos ratios de carga/descarga del sistema, lo cual constituye una dificultad técnica a resolver (Almagro, 2012).

Para mejorar la conductividad térmica de los sistemas de almacenamiento con PCM pueden mejorarse mediante el intercambio de calor utilizando la transferencia de masa (lo cual sólo es posible cuando el material de almacenamiento se encuentra en estado líquido), o mejorar la conductividad térmica del medio de almacenamiento mediante la inclusión de materiales de alta conductividad. El material más comúnmente utilizado para este fin es el grafito. Los medios de almacenamiento producto de la combinación de materiales de cambio de fase con grafito suele tener una conductividad térmica en torno a

5-10 W/m oK, mientras que los materiales de cambio de fase comerciales presentan unos valores de la conductividad térmica dentro del rango de 0,2 - 0,8 W/m ok (Almagro, 2012)

CALOR LATENTE

Para fundir un sólido o avaporizar un líquido se requiere una gran cantidad de energía. La cantidad de energía que es absorbida o liberada durante el proceso de cambio de fase se llama calor latente. Específicamente, la cantidad de energía absorbida durante la fusión se llama calor latente de fusión y equivalente a la cantidad de energía liberada durante la congelación. (Fernández, 2012).

MATERIALES DE CAMBIO DE ESTADO (PCM)

Los materiales de cambio de fase son una de las formas más eficientes de almacenamiento térmico, se conocen internacionalmente por PCM (phase change material). Un material de cambio de fase es aquel que experimenta un cambio de estado (sólido, líquido, gaseoso) a una temperatura determinada. Los cambios producidos en los diferentes materiales debidos al calor latente se dan a una determinada temperatura característica de cada material. Su temperatura permanece constante mientras el material absorbe energía. Este hecho supone una mayor densidad energética de estos materiales en comparación a cualquier otro. El cambio de fase de sólido a líquido es el que requiere una menor cantidad de energía. (Zelota, 2013)

Los materiales de cambio de fase (PCM) son productos ideales para soluciones de gestión térmica. Esto es debido a que almacenan y liberan energía térmica durante el proceso de fusión y de congelación (cambian de una fase a otra). Cuando dicho material se congela, libera grandes cantidades de energía en forma de calor latente de fusión, o la energía de cristalización (Fernández, 2012). A la inversa, cuando el material se funde, una cantidad igual de energía es absorbida desde el entorno inmediato, ya que cambia de sólido a líquido.

COMSOL Multiphysics

Computational Fluid Dynamics (CFD) es una herramienta basada en computadora para simular el comportamiento de sistemas que involucran flujo de fluidos, transferencia de calor y otros procesos físicos relacionados. Funciona resolviendo las ecuaciones del flujo de fluidos (en una forma especial) sobre una región de interés, con condiciones específicas (conocidas) en el límite de esa región.

COMSOL

Ofrece una solución multifísica. Las características incorporadas de propiedades termodinámicas y de transporte permiten una definición de modelo rápida, precisa y fácil de usar para modelos de flujo de fluidos, transferencia de calor y flujos de reacción. El dramático aumento en la usabilidad también incluye el uso de paquetes de propiedades termodinámicas externas que pueden vincularse a través de formatos estándar a COMSOL Multiphysics. Descripción precisa de las características del flujo de fluidos. Un acoplamiento multifísico predefinido.

4. Hipótesis

Hipótesis General

La simulación de la transferencia de calor en un acumulador térmico con material de cambio de fase (parafina), mediante elementos finitos utilizando el software COMSOL Multiphysics 5.3 permite optimizar el aprovechamiento del calor en una cocina solar.

Hipótesis Específicos

- La simulación de la transferencia de calor unidimensional en un acumulador térmico plano con parafina, mediante elementos finitos utilizando el software COMSOL Multiphysics 5.3 permite obtener la distribución de temperaturas en base a condiciones de frontera determinadas.
- La propuesta de las dos diferentes configuraciones geométricas de acumuladores térmicos con parafina, mediante los resultados de la simulación, permite optimizar el aprovechamiento del calor en una cocina solar.

5. Variables e Indicadores

Variables Independientes

- Acumulador térmico con material de cambio de fase (Parafina)

Indicadores

- Morfología del acumulador térmica
- Material de cambio de fase
- Material de la cubierta del acumulador

Variables Dependientes

- Optimización de la cocina solar

Indicadores

- Distribución de temperatura en la cámara de cocción
- Potencia de cocción
- Eficiencia

6. Diseño metodológico detallado

- **Tipo de Investigación:**

Aplicada

- **Nivel de Investigación:**

Explicativa

- **Método:**

Análítico-Deductivo

- **Técnica**

Protocolos y normas

- **Instrumentos**

Bibliografía y revistas especializadas

Equipos de medición

- **Estructura del diseño**

- Se caracteriza la morfología del acumulador en relación al material de cambio de fase (Parafina)
- Se simula los mecanismos de transferencia de calor del acumulador al interior de una cocina solar
- Se evalúa y optimiza los parámetros térmicos de funcionamiento del acumulador térmico con PCM para la mejor eficiencia de la cocina solar.

7. Referencia Bibliográfica

Almagro Cabrera, David. 2012. Almacenamiento Térmico en Aplicaciones Solares de Concentración de Alta Temperatura. Escuela técnica superior de ingenieros. Universidad de Sevilla.

Escobar-Ochoa, Mario; Cuervo-Andrade, Sandra; Rincon-Prat, Sonia. Metodología para el diseño de un módulo de acumulación térmica usando materiales de cambio de fase (PCM) para un secador solar de túnel. Revista UIS Ingenierías, [S.I.], v. 17, n. 1, p. 9-20, nov. 2017. ISSN 2145-8456.

Nacif Hartley, Javier A. 2011. Acumulación térmica para un sistema solar de calefacción activo. Tesis. Universidad de Chile. Santiago

Ochoa Hurtado, Alonso. 2016. Evaluación de parafina comercial como material de cambio de fase para almacenamiento de energía. Tesis de magister en ingeniería con énfasis en energías alternativas. Universidad libre. Bogotá.

Fernández Rodríguez, William. Análisis del comportamiento del perfil de temperaturas de material de cambio de fase (PCM) en el almacenamiento de energía solar utilizando herramientas computacionales. Universidad Autónoma del Caribe. Tesis. Colombia. 2012.

Zelota Vargas, Andrés Vicente. Morteros acumuladores con parafina microencapsuladas para el aprovechamiento de energía solar en suelos radiantes. Universidad Politécnica de Madrid. Tesis Doctoral. 2013

III. ANEXOS

3.1. Matriz de Consistencia

3.2. Declaración jurada de autenticidad del proyecto de investigación

3.3. Declaración Jurada (anexo 07)

3.4. Tabla para evaluación del proyecto de investigación