

## Guía Práctica Experiencia Solar Térmica

---

Escrito por: Jannik Haas

### Objetivos de la experiencia

1. Entender los principios de transferencia del calor.
2. Comprender el funcionamiento, las aplicaciones, las ventajas y desventajas de distintos colectores solares
3. Entender otros conceptos relacionados con lo anterior: efecto invernadero, sensación térmica.
4. Analizar el sol como fuente renovable de energía.

### Introducción teórica

El calor es una forma de energía asociada al movimiento de los átomos, moléculas y otras partículas que forman la materia. El calor puede ser generado por reacciones químicas (como en la combustión), nucleares (como en la fusión nuclear de los átomos de hidrógeno que tienen lugar en el interior del Sol), disipación electromagnética (como en los hornos de microondas) o por disipación mecánica (fricción). Su concepto está ligado al Principio Cero de la Termodinámica, según el cual dos cuerpos en contacto intercambian energía hasta que su temperatura se equilibre.

El calor puede ser transferido entre objetos por diferentes mecanismos, entre los que cabe reseñar la radiación, la conducción y la convección, aunque en la mayoría de los procesos reales todos los mecanismos anteriores se encuentran presentes en mayor o menor grado. El calor que puede intercambiar un cuerpo con su entorno depende del tipo de transformación que se efectúe sobre ese cuerpo y por tanto depende del camino. Los cuerpos no tienen calor, sino energía interna. El calor es la transferencia de parte de dicha energía interna (energía térmica) de un sistema a otro, con la condición de que estén a diferente temperatura. El científico escocés Lord Ewan D. Mcgregor descubrió en 1905 la constante del calor específico en la ecuación de calor  $Q = m c \Delta T$

En la vida cotidiana se puede observar que, si se le entrega calor a dos cuerpos de la misma masa y la misma temperatura inicial, la temperatura final será distinta. Este factor que es característico de cada sistema, depende de la naturaleza del cuerpo, se llama **calor específico**, denotado por **c** y se define como la cantidad de calor que se le debe entregar a 1 gramo de sustancia para aumentar su temperatura en 1 grado Celsius. Matemáticamente, la definición de calor específico se expresa como:  $c = \frac{Q}{m \Delta T}$ .

Para esta experiencia pueden resultar muy útiles las siguientes fórmulas y derivaciones (en mks):

**Energía** [Joules] = Calor = Q [Joules]:=  $Q = m c \Delta T$

**Potencia** [W]= Energía/tiempo [W]:=  $P = \frac{m}{t} c \Delta T$

**Caudal (másico)** [m/s]:=  $\dot{m} = \frac{m}{t}$

**Caudal** [m<sup>3</sup>/s] :=  $\dot{m} = \frac{\text{Volumen}_{\text{agua}}}{\text{tiempo}}$

**Densidad** [kg/m<sup>3</sup>] :=  $\rho = \frac{m}{\text{volumen}}$

**Eficiencia** :=  $\eta = \frac{\text{Energía útil}}{\text{Energía usada/disponible}}$

**Eficiencia (En términos solares):**=  $\eta = \frac{\text{Energía captada}}{\text{Energía entregada por el sol}}$

Datos útiles:

**Calor específico del agua:**=  $c_{\text{agua}} = 4.186 \text{ [J/(kg}^\circ\text{C)]}$

**Densidad del agua:**=  $\rho_{\text{agua}} = 1 \text{ [kg/l]}$

Tabla 1: “Radiación solar promedio en Santiago, según hora en enero”

Hora	Radiación [W/m <sup>2</sup> ]
9.00	430
10.00	560
11.00	690
12.00	750
15.00	650
16.00	540
(Fuente: promedio FCFM con NASA)	

También puede consultar la radiación solar instantánea en la siguiente página:  
<http://met.dgf.uchile.cl/tiempo/OBSERVACIONES/observaciones.html>

## Actividad 1: Colector solar tubos de vacío - termosifón

*Se experimentará con un colector solar de tubos de vacío - tipo termosifón- para medir su eficiencia y potencia, y analizar sus ventajas/desventajas en sus distintas aplicaciones.*

### Instrucciones:

1. Acérquese al colector para escuchar la información del profesor sobre el funcionamiento de éste.
2. Bosqueje el esquema de funcionamiento del colector, indicando al menos las siguientes partes:
  - a. Estanque de acumulación
  - b. Vaso de expansión
  - c. Entrada de agua fría
  - d. Salida de agua caliente
  - e. Captador solar
  - f. Intercambiador de calor



- Ahora destape el colector.



**ATENCIÓN: CUIDADO CON QUEMARSE**

¡Los conectores del colector pueden estar calientes!

- Conecte la manguera de agua fría a la entrada del colector
- Para obtener una medición correcta de la eficiencia, es importante medir solamente el calor convertido durante el tiempo de medición. ¿Cómo se puede lograr esto?

Deje correr el agua por unos segundos para vaciar el agua estancada de la manguera. Una vez que la temperatura de salida se estabilice, proceda con el siguiente paso.

- Inserte la manguera de salida de agua del colector, al jarro medidor de volumen (justo ahora inicie la cuenta del cronómetro). Cuando llegue a 0,5 litros registre el tiempo (sin parar el cronómetro). Cuando alcance 1 litro de agua anote la temperatura final. Finalmente, cierre la llave de agua (el cronómetro debe seguir corriendo).



**ATENCIÓN: CUIDADO CON QUEMARSE**

¡El agua de la salida del colector puede estar caliente!

Registre además la hora de inicio y finalización de las mediciones.

**Hora de inicio:** \_\_\_\_\_ [hh:mm]

**Hora de de finalización:** \_\_\_\_\_ [hh:mm]

¿Para qué cosa puede ser relevante conocer estos tiempos?

- Cada 10 minutos aproximadamente, mida la temperatura de salida de 1 litro de agua, registrando el tiempo cuando se haya alcanzado 0,5 litros del jarro.

**Recomendación:** para evitar errores en la lectura de temperatura, se debe procurar vaciar la manguera de salida del colector antes de insertarla en el jarro de medición de volumen.

- Repita el paso anterior hasta finalizar la experiencia (5-9 mediciones). Aproveche los intervalos de tiempo para continuar con la actividad 2.

**Tabla 2: "Toma de datos de actividad 1"**

Tiempo aproximado [m]	Tiempo exacto [s]	Temperatura de entrada [°C]	Temperatura de salida [°C]	Energía convertida [J]	Potencia colector [W]	Potencia sol [W]	Eficiencia [%]
0				-	-	-	-
10							
20							
30							
40							
50							
60							
70							
80							
90							

9. Mida el área de apertura del colector (superficie donde incide el sol).

**Área de apertura del colector:** \_\_\_\_\_ [m<sup>2</sup>]

10. Tape el colector.

En el laboratorio proceda con lo siguiente:

11. Calcule la energía convertida por el colector en cada tramo (anótelo en la tabla).

12. Calcule la potencia del colector en cada tramo (anótelo en la tabla).

13. Calcule la potencia del sol (anótelo en la tabla).

14. Calcule la eficiencia del colector en cada tramo (anótelo en la tabla).

15. Concluya y discuta sobre los resultados obtenidos.

### **Análisis de datos y conclusiones:**

1. ¿Son coherentes los resultados obtenidos?
2. ¿Se observa alguna tendencia entre los datos?
3. ¿Conoce a otros dispositivos que tengan una potencia parecida a la del colector?
4. ¿Qué aplicaciones pueden tener estos colectores?

5. Si un hogar de Santiago requiere 500 litros de agua caliente al día (consumo equivalente a 10 personas), ¿cuántos colectores de tubos de vacío son necesarios para cubrir su demanda energética en un día de enero?

Datos:

Asuma un rendimiento del colector constante e igual a 60%. La radiación promedio diaria por metro cuadrado en Santiago es 10 (kJ/m<sup>2</sup>/día). La temperatura de entrada de agua es 15°C y la de salida 60°C

Demanda energética [J/día]:

Energía convertida por un colector [J/día]:

Colectores necesarios (Demanda/Energía convertida):

En resumen, un colector alcanza para \_\_\_\_ personas aproximadamente.

## Actividad 2: Colector solar plano - casero

*Se ensamblará un colector solar plano para entender su funcionamiento y luego medir su potencia y eficiencia. Finalmente se contrastará con el colector anterior.*

### Instrucciones:

1. Ensamble las piezas del colector solar, siguiendo las instrucciones del profesor.
2. Conecte la manguera de entrada de agua fría a un terminal del colector y la de salida al otro terminal.
3. ¿Qué temperatura hay en el interior del colector?
4. Deje correr el agua por unos minutos para vaciar el agua caliente de la manguera. Una vez que la temperatura sea constante, proceda con el siguiente paso.



### **IMPORTANTE: CUIDADO CON QUEMARSE**

¡El agua de la salida del colector puede estar caliente!

5. Escoja un caudal. Determínelo midiendo la cantidad de agua que sale del colector en un cierto tiempo. Para esto utilice el recipiente medidor de volumen y un cronómetro.
6. Registra la temperatura de salida y entrada en la tabla (además del volumen de agua y del tiempo medido en el punto anterior)
7. Repita los pasos 5-6 para 3 caudales distintos.
8. Realice 2 mediciones adicionales. Pero ahora, deje estancado el colector por un tiempo determinado, antes de medir la temperatura de 0,5 litros de agua (se recomiendan 3 y 10 minutos de estancamiento). Anote los mismos datos que en los puntos anteriores.

¿Cuáles son los tiempos que se deben considerar?

Tabla 3: "Toma de datos de actividad 2"

Masa de agua [kg]	Tiempo [s]	Temperatura de entrada [°C]	Temperatura de salida [°C]	Energía convertida [J]	Potencia colector [W]	Potencia sol [W]	Eficiencia [%]

9. Mida el área de apertura del colector (superficie donde incide el sol).

**Área de apertura del colector:** \_\_\_\_\_ [m<sup>2</sup>]

10. Deje el colector a la sombra y vuelva al laboratorio.

En el laboratorio proceda con lo siguiente:

11. Calcule la energía convertida por el colector para cada caudal (anótelo en la tabla).

12. Calcule la potencia del colector para cada caudal (anótelo en la tabla).

13. Calcule la potencia del sol.

14. Calcule la eficiencia del colector para cada caudal (anótelo en la tabla).

15. Discuta y concluya sobre los resultados.

### **Análisis de datos y conclusiones:**

1. ¿Concuerdan los datos obtenidos? ¿En cuánto (%) difieren los datos tomados?
2. Si difieren, explique por qué.
3. ¿Cómo se podría absorber más energía y/o mejorar la eficiencia?
4. ¿Qué aplicaciones pueden tener estos colectores?
5. ¿Cuánto difieren las potencias y eficiencias de ambos colectores. ¿A qué se debe esto? Explique también las diferencias físicas y cómo influyen en las transferencias de calor.