

# Diseño y simulación del sistema propuesto

*María José Rojas, Mateo Ortiz, Miguel Casallas*

## I. DIAGRAMA DE BLOQUES

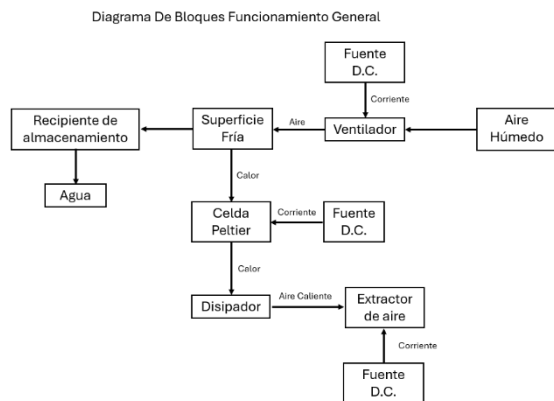


Fig. 1. Diagrama de bloques funcionamiento general.

El diagrama ilustra un sistema de condensación de humedad del aire basado en el efecto Peltier. El proceso comienza cuando el Aire Húmedo es forzado por un Ventilador (alimentado por una Fuente D.C.) hacia la Superficie Fría. Esta superficie es enfriada activamente por una Celda Peltier, que absorbe el calor latente del aire para causar la condensación del vapor de agua en forma líquida. El agua generada fluye desde la Superficie Fría hacia un Recipiente de almacenamiento, produciendo el Agua final. Simultáneamente, el calor extraído del aire y el calor propio de la celda es bombeado hacia el Disipador. Un Extractor de aire (ventilador secundario, alimentado también por D.C.) elimina el Aire Caliente del disipador, asegurando una disipación térmica eficiente que es crítica para mantener la baja temperatura de la Celda Peltier y el rendimiento continuo del sistema.

## II. DISEÑO DESTALLADO DE CADA UNO DE LOS BLOQUES

### Aire húmedo

Función: es la entrada del sistema, será el flujo de aire que se condensará.

Parámetros: valores ideales de humedad: 40%-60%, y de temperatura: 21-23°C.

Interconexiones: pasa por el ventilador hacia la superficie fría.

### Ventilador

Función: mover el aire húmedo a la superficie fría.

Diseño: ventilador axial, medidas de 40\*40\*10 mm.

Parámetros: DC 12V.

Interconexiones: conectado a la superficie fría, alimentado por una fuente DC.

### Superficie fría

Función: condensa el vapor del aire húmedo.

Diseño: placa metálica de aluminio con alta conductividad térmica.

Parámetros: área de contacto.

Interconexiones: en contacto con la cara fría de la celda Peltier, deja el agua en un recipiente de almacenamiento.

### Recipiente de almacenamiento

Función: contener y recolectar el agua que se condensa

Diseño: recipiente plástico

Interconexiones: se conecta debajo de la superficie fría.

### Celda Peltier

Función: genera diferencia de temperatura entre sus dos caras.

Diseño: componente termoelectrico tipo TEC1-12706, medidas de 40\*40\*3,75 mm.

Parámetros:

- Resistencia interna: 1.98-2.3  $\Omega$
- Diferencia de temperatura: 66 K
- Voltaje maximo: 14.4 V-16.4 V
- Corriente máxima: 6.4 A
- Potencia máxima: 50-60 W
- Entorno de trabajo: 55-83°C
- Proceso de sellado: caucho de silicona 704 estándar que sella todos los lados.

Interconexiones: cara fría hacia la superficie fría, cara caliente hacia el disipador, alimentada por una fuente DC.

### Disipador

Función: extraer el calor generado en la cara caliente de la celda Peltier.

Diseño: material: aluminio, medidas de 40\*40\*11 mm.

Interconexiones: unido a la cara caliente de la celda Peltier.

### Extractor de aire

Función: expulsar el aire caliente generado en el disipador.

Diseño: medidas de 90\*90\*25 mm.

Parámetros: DC 12V

Interconexiones: se conecta al disipador y a la fuente DC.

### Fuente D.C.

Función: alimentar al ventilador, al extractor y la celda Peltier.

Diseño: fuente de alimentación regulada.

Parámetros: DC 12V

### III. SIMULACIÓN DEL SISTEMA DISEÑADO

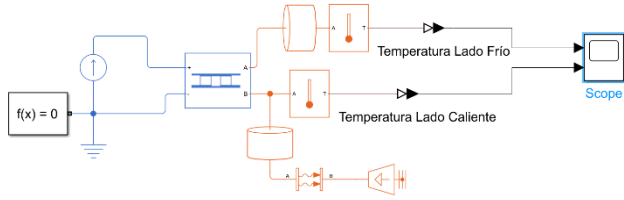


Fig. 2. Modelo en simulink.

La figura 2 ilustra el modelo del sistema termoelectrico implementado en el entorno de Simulink. El circuito es energizado por una fuente de corriente DC que alimenta la celda Peltier.

El puerto caliente de la celda está conectado en serie a una masa térmica, la cual representa el disipador. A su vez, esta masa se acopla a un bloque de transferencia de calor por convección (Convective Heat Transfer), que modela la disipación de calor hacia el ambiente mediante un ventilador. De forma análoga, el puerto frío se conecta a una masa térmica que simula el objeto a enfriar.

Finalmente, para la visualización de los resultados, las señales de temperatura del dominio físico (Simscape) son transformadas al dominio matemático de Simulink a través de bloques PS-Simulink Converter. Esto permite graficar la evolución de las temperaturas del lado frío y caliente en el Scope.

Para definir los parámetros empleados en la celda peltier se usaron las siguientes ecuaciones, tomando como valores los dados por el datasheet de la celda peltier TEC1-706 [1]:

#### Coefficiente de Seebeck

$$\alpha = \frac{V_{max} - I_{max} \cdot R}{\Delta T_{max}} \quad (1)$$

Usando los valores dados en el datasheet a 25°C se tiene que:

$$\alpha = \frac{14.4V - 6.4A \cdot 1.98\Omega}{66K} = 0.0262 \frac{V}{K}$$

#### Conductancia Térmica

$$K \approx \frac{Q_{max}}{\Delta T_{max}} = \frac{50W}{66K} = 0.787 \frac{W}{K} \quad (2)$$

Una vez definidos los parámetros del modelo, se procedió a determinar la corriente de operación necesaria para alcanzar una temperatura objetivo en el lado frío de la celda Peltier. El objetivo fue establecer una temperatura que garantizara la condensación de agua bajo las condiciones ambientales

ideales especificadas, que son 21-23°C y 40-60% de humedad relativa.

Se calcularon los puntos de rocío para los casos extremos de este rango, obteniendo 6.9°C para el escenario menos favorable (21°C y 40% HR) y 14.8°C para el más favorable (23°C y 60% HR). Para asegurar la condensación en todas las condiciones y añadir un margen de tolerancia, se estableció una temperatura objetivo de 5°C (278.15 K) en el lado frío.

Mediante la ejecución del modelo en Simulink, se determinó que la corriente necesaria para alcanzar y mantener esta temperatura objetivo es de 2.5 A.

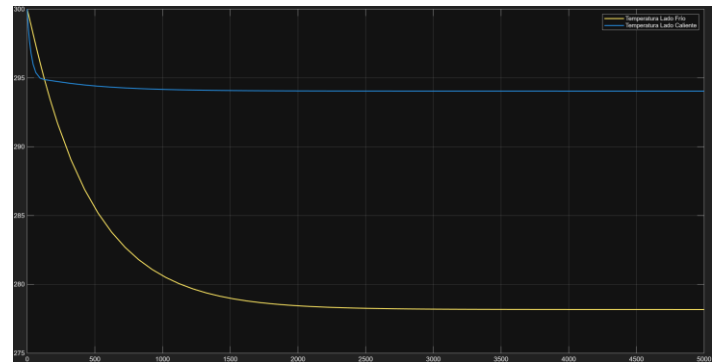


Fig. 3. Gráfica de temperaturas.

La figura 3 presenta los perfiles de temperatura de los lados frío y caliente del sistema, obtenidos a través de la simulación. Al aplicar una corriente de operación de 2.5 A y mantener una temperatura constante de 20°C (293.15 K) en el lado caliente, se observa que el lado frío desciende exitosamente hasta alcanzar el valor objetivo de 5°C (278.15 K). La curva de temperatura del lado frío evidencia el comportamiento dinámico esperado, mostrando un decaimiento transitorio hasta alcanzar el punto de equilibrio deseado, donde se estabiliza. Este resultado confirma el correcto funcionamiento y la estabilidad del modelo ideal de Peltier implementado bajo las condiciones de operación definidas.

### IV. LISTA DE MATERIALES Y COMPONENTES

Material	Código	Costo unitario	Cantidad	Costo total	Detalles de adquisición
Placa de refrigeración de semiconductores	TEC1-12706	-	1	\$45.220	Mercado libre: en un kit conjunto
Extractor de aire	-	-	1		
Ventilador pequeño	-	-	1		
Radiador	-	-	1		
Tapa exterior para ventilador	-	-	1		
Módulo de conducción	-	-	1		
Grasa térmica	-	-	1		

Junta de aislamiento térmico	-	-	1		
Paquete de tornillos	-	-	1		
Disipador	-	\$9.500	1	\$9.500	Mercado libre

## V. PROTOCOLO DE PRUEBAS Y LOS EQUIPOS NECESARIOS

### Equipos necesarios

1. Fuente de alimentación DC
2. Multímetro digital
3. Balanza digital
4. Cronómetro
5. Termómetro

### Prueba de producción de agua

Objetivo: medir la cantidad de agua obtenida tras hacer funcionar el sistema.

Procedimiento:

1. Pesar el recipiente
2. Colocarlo bajo la superficie fría
3. Encender el sistema y tomar el tiempo con cronómetro.
4. Tras un tiempo específico (por ejemplo 1 hora), pesar el recipiente de nuevo para obtener la masa del agua obtenida.
5. Calcular los ml obtenidos:  $1g = 1ml$  de agua.
6. Repetir varias veces para obtener la tasa promedio.

### Prueba de corriente consumida

Objetivo: determinar el consumo eléctrico del sistema.

Procedimiento:

1. Conectar multímetro a la celda Peltier.
2. Registrar V e I al encender y luego cada cierto tiempo.
3. Repetir el procedimiento con los ventiladores y extractor.
4. Calcular la potencia consumida:  $P = V \times I$ .
5. Obtener la energía:  $E = P \times t$ .

### Cálculo de rendimiento energético

Objetivo: relacionar la cantidad de agua obtenida con la energía consumida.

Procedimiento:

1. Energía consumida  $E = V \times I \times t$  (Wh).
2. Rendimiento energético  $\eta = \frac{\text{ml de agua}}{W_h}$ .

### Pruebas térmicas

Objetivo: verificar el correcto funcionamiento del ciclo térmico.

Procedimiento:

1. Medir temperaturas en puntos clave durante una prueba:
  - T1: temperatura en el lado caliente.

- T2: temperatura en el lado frío.

2. Anotar los resultados tantas veces se repita la prueba (paralelo a la prueba de producción de agua) y comparar.

## REFERENCIAS

[1] HB Corporation, Thermoelectric Cooler TEC1-12706, Datasheet, Rev 2.03. [Online]. Available: <https://www.alldatasheet.com/datasheet-pdf/pdf/313841/HB/TEC1-12706.html>