

**Trabajo de fin de grado (TFG)**

**DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN ACTUADOR  
PARA EL CONTROL DE LA REFRIGERACIÓN  
DE UNA SALA DE SERVIDORES**

**JUAN CARLOS CALVO SANSEGUNDO**

# CONTENIDOS

01

ENFOQUE DEL  
TRABAJO

03

TEST Y  
RESULTADOS

02

ARQUITECTURA  
DEL ACTUADOR

04

CONCLUSIONES Y  
LINEAS FUTURAS

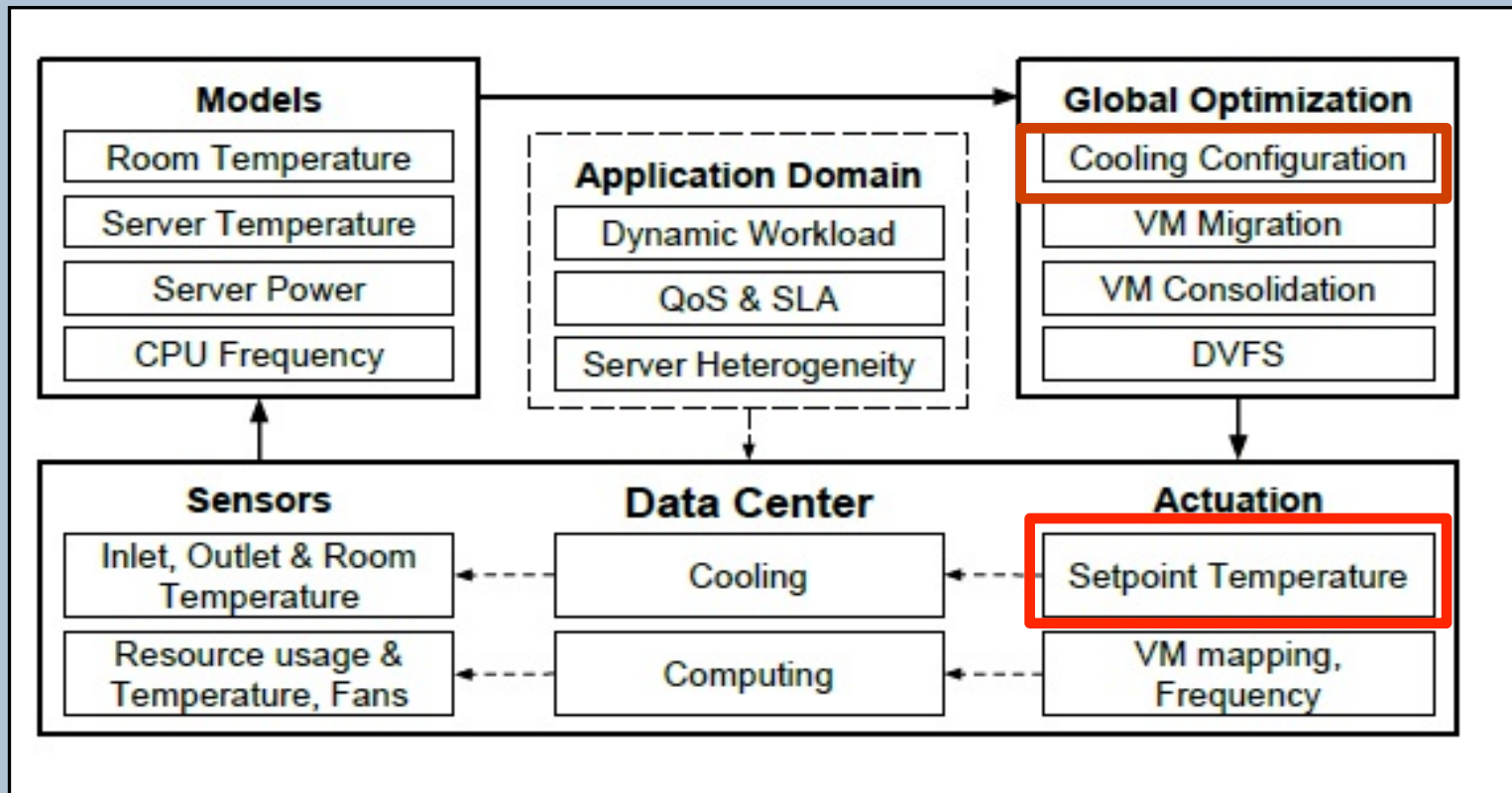
- Trabajo enmarcado dentro de una línea de investigación basada en la monitorización y optimización energética en centros de datos.
- Esta línea de investigación es desarrollada por el grupo GreenLSI, que pertenece al Departamento de Ingeniería Electrónica, situado en la ETSIT-UPM.



# 01

# ENFOQUE DEL TRABAJO

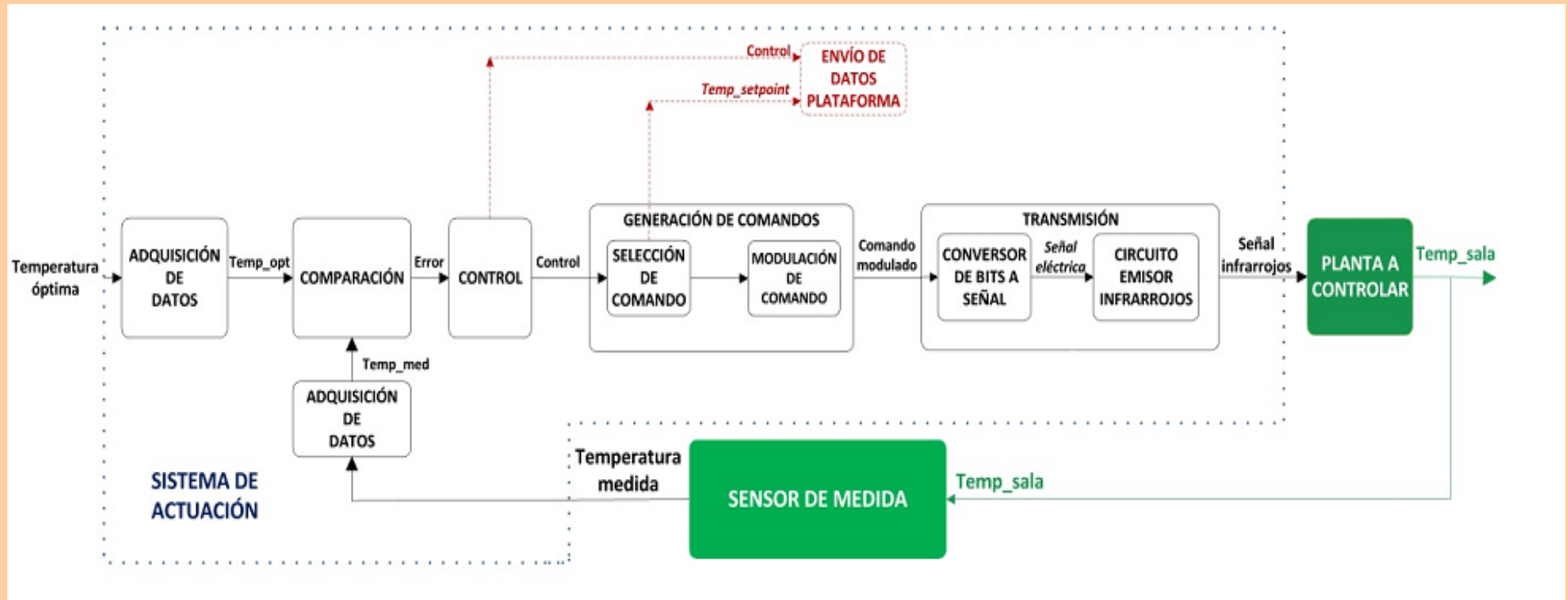
- Este trabajo pretende dar soporte a la optimización relacionada con el sistema de refrigeración.

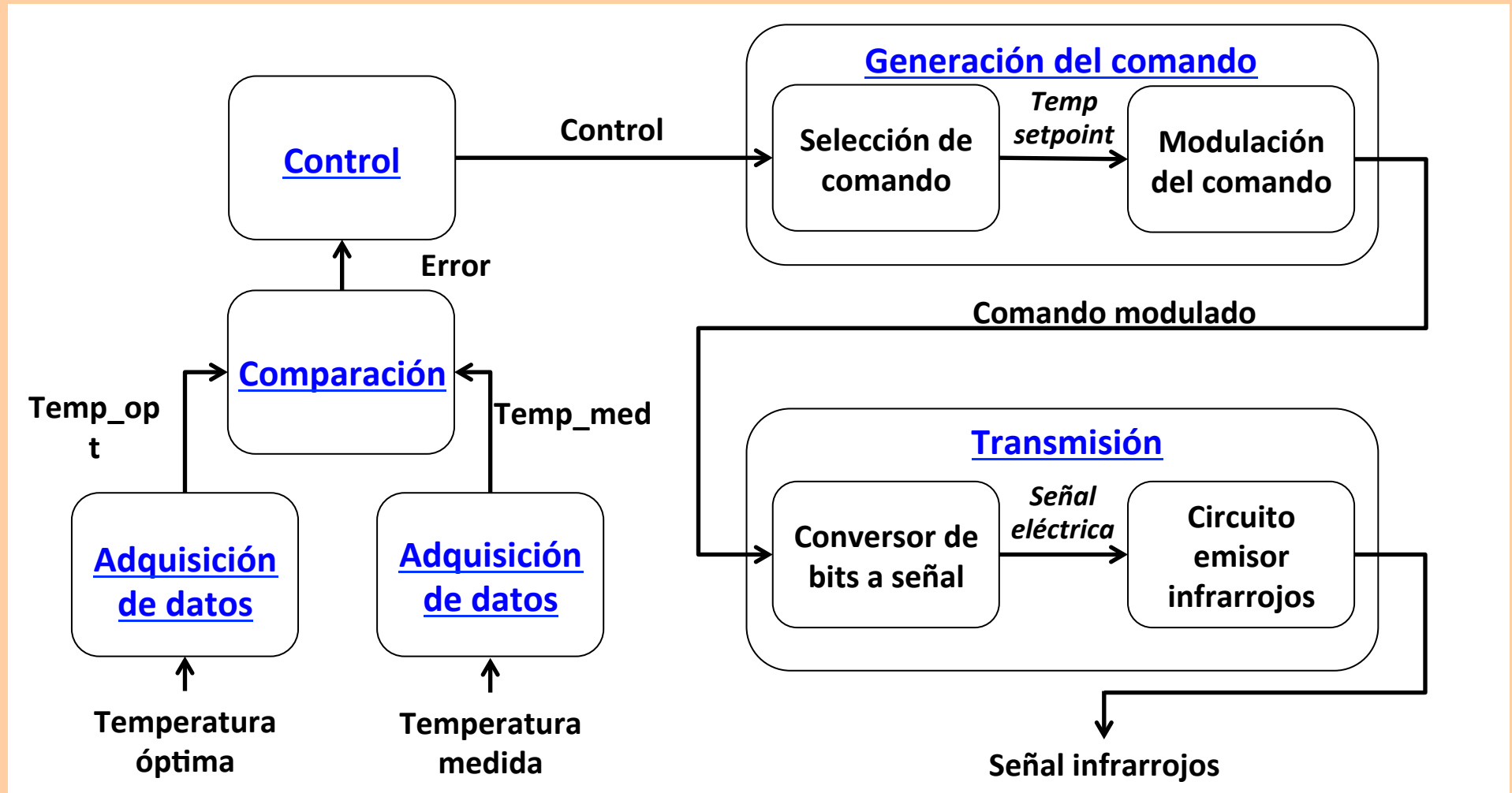


# 02

# ARQUITECTURA DEL ACTUADOR

- Arquitectura basada en un sistema de control en lazo cerrado.
- Modulable y adaptable a otras salas o centros de datos.





## 1. Bloque de adquisición de datos



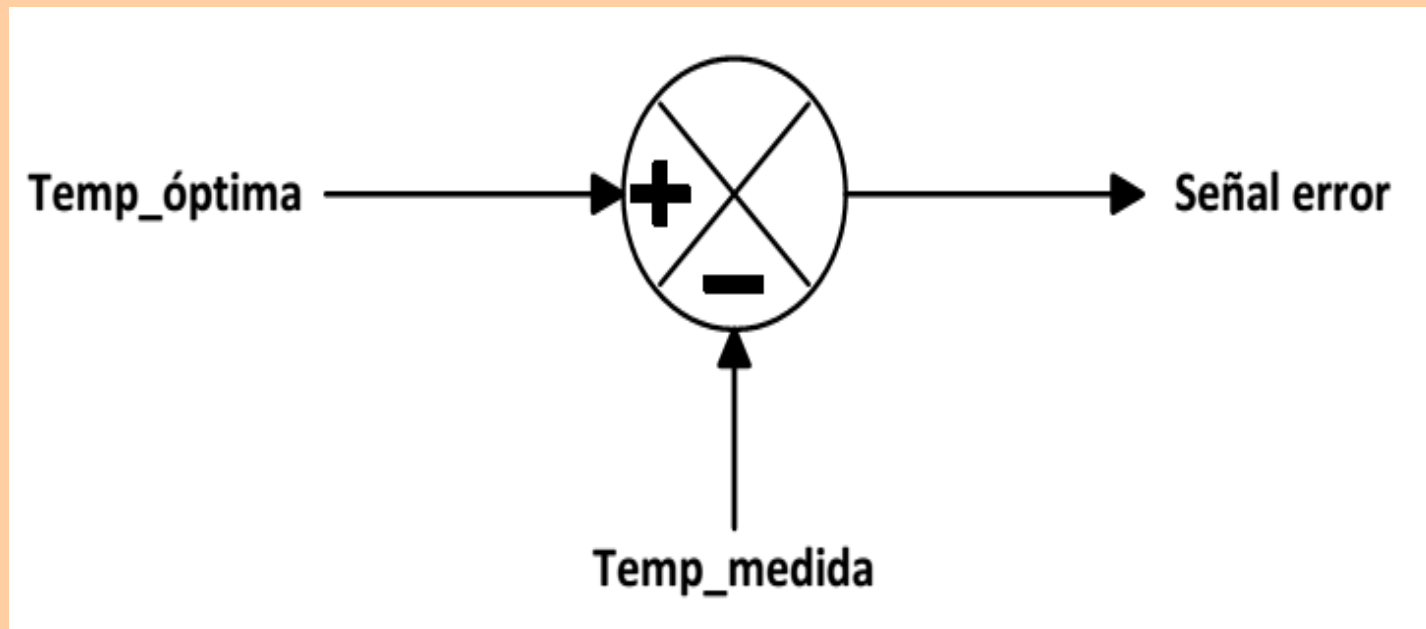
- Obtiene el dato de temperatura de la plataforma de monitorización.
- Procesa el dato para facilitar su uso en la siguientes etapas.



## 2. Bloque de comparación



- Calcula la diferencia entre la temperatura óptima y la temperatura de la sala, usando un restador.





### 3. Bloque de control



- Genera la señal de control, aplicando un algoritmo o política de control sobre la señal de control.
- El diseño e implementación del controlador consta de varias etapas:

#### 1. Caracterización de la planta a controlar

- Realización de experimentos.
- Estimación de la función de transferencia.

#### 2. Diseño del controlador en tiempo continuo

- Ajuste de los parámetros
- Conseguir una respuesta que cumpla los requisitos deseados

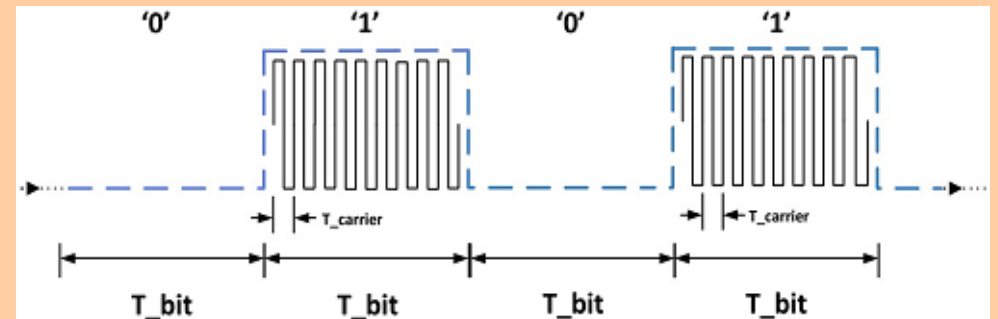
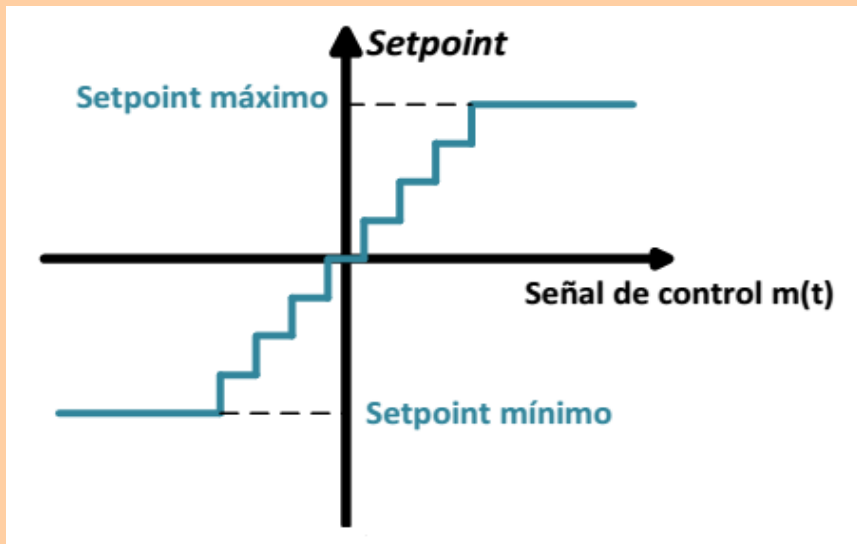
#### 3. Discretización del controlador

- Discretización de cada componente.
- Garantizar que conserva las mismas propiedades que en tiempo continuo.

## 4. Bloque generación del comando

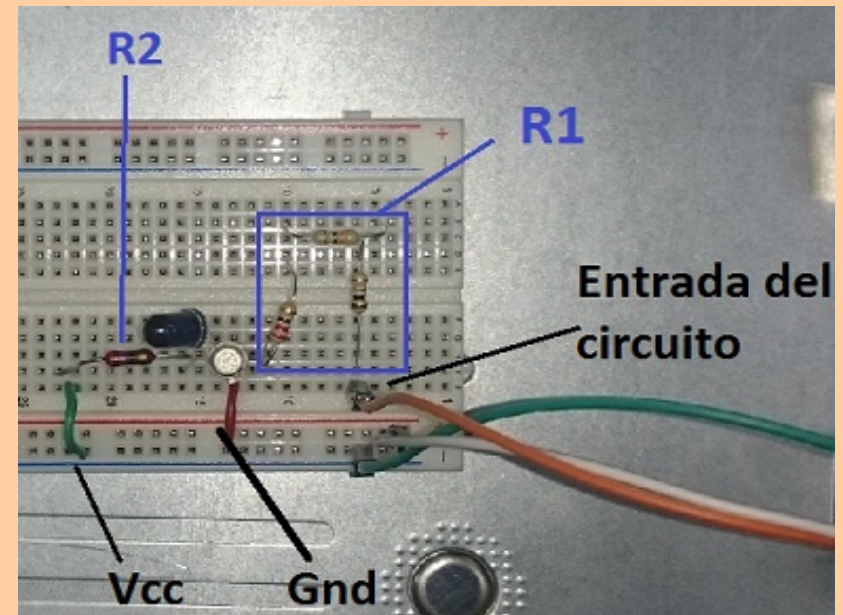
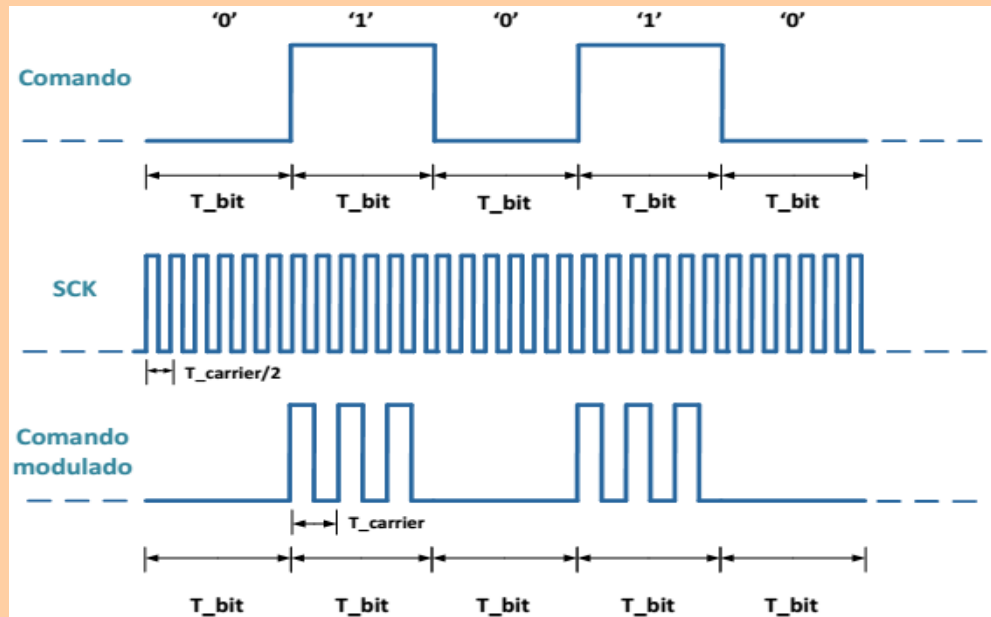


- Selecciona el setpoint a partir de la señal de control y el rango de valores del sistema de refrigeración.
- Escoge el comando asociado al setpoint.
- Modula dicho comando y lo pasa al bloque de transmisión.



## 5. Bloque de transmisión

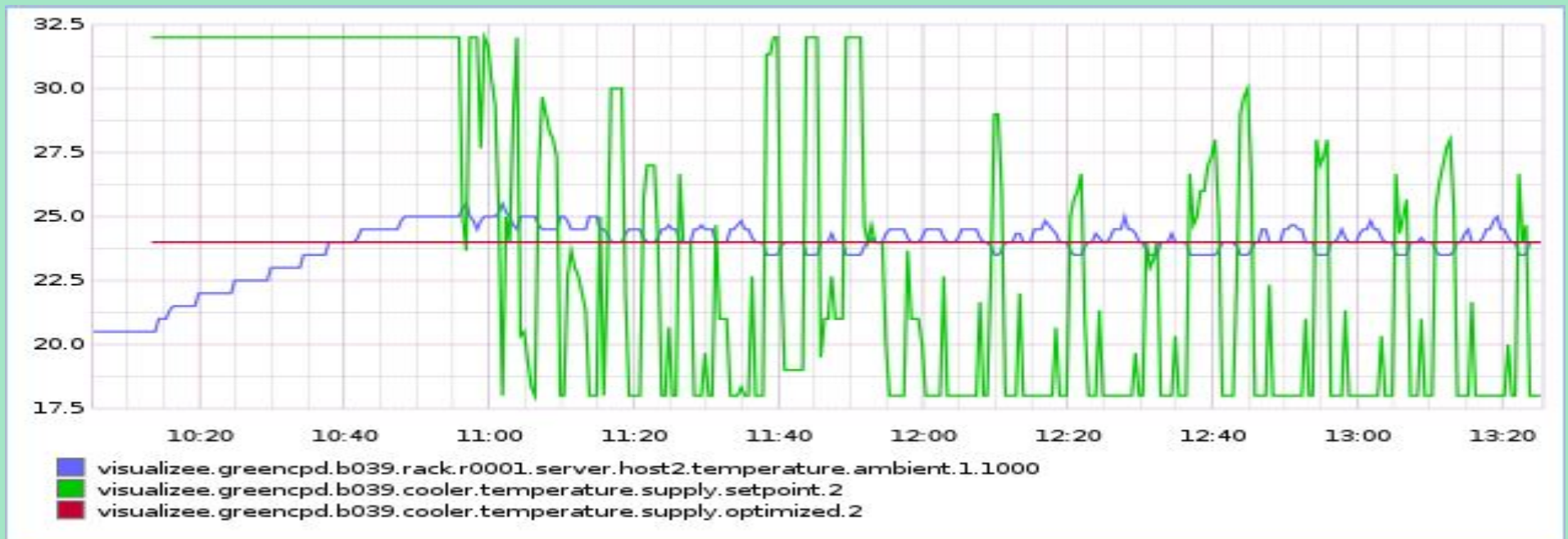
- Genera una señal eléctrica y la transmite al circuito de infrarrojos.
- El circuito convierte la señal eléctrica en una señal de infrarrojos y la transmite al sistema de refrigeración.



## 1º tipo de experimento

- Incrementos elevados de la temperatura (al menos 3°C).

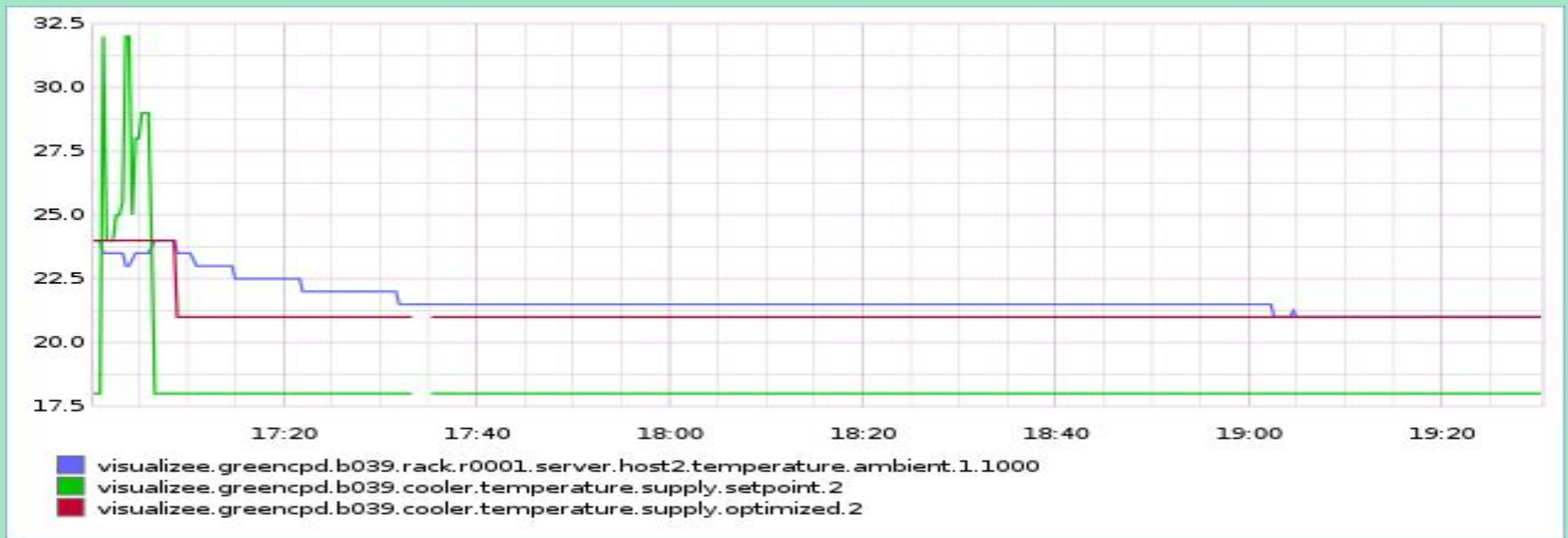
Incremento de temperatura de 20,5°C a 24°C



## 2º tipo de experimento

- Descensos elevados de la temperatura (al menos 3°C).

Descenso de temperatura de 24°C a 21°C



## 3º tipo de experimento

- Incrementos pequeños de la temperatura (en saltos de 0,5°C).

Incremento de temperatura de 20°C a 24°C en saltos de 0,5°C





## 4º tipo de experimento

- Descensos pequeños de la temperatura (en saltos de 0,5°C).

Descenso de temperatura de 24°C a 22°C en saltos de 0,5°C



## Resumen del trabajo realizado

- Análisis del problema y definición de la arquitectura del actuador.
- Diseño teórico del controlador PID para tiempo continuo y discretización. Simulación en Matlab.
- Implementación en C para un sistema empotrado de escasos recursos.
- Optimización de la implementación (cuantificación y modulación con SPI).
- Pruebas exhaustivas en un entorno real.



## Conclusiones

- El actuador diseñado es capaz de controlar la temperatura.
- El actuador responde a variaciones de temperatura, tanto pequeñas como grandes.
- El actuador presenta un diseño sencillo y modulable que hace que sea adaptable a otros centros de datos.

## Líneas futuras

- Diseñar el hardware propio del actuador.
- Analizar el posible uso de otras políticas de control y optimizar el controlador PID ya implementado.
- Extender el sistema a otras unidades de refrigeración.

# PREGUNTAS

