

Trabajo Final IoT

# Sistema de control de CO<sub>2</sub> en frigoríficos

---

Autores: Tau Martín y Traberg Ignacio

02 de julio de 2025

# PROBLEMÁTICA A ABORDAR

---

El almacenamiento de papas en cámaras frigoríficas presenta dificultades para su control. Aún en frío las papas se siguen descomponiendo y es muy difícil detectar cuando se pudren. Asimismo, es necesario mantener bajo el nivel de  $\text{CO}_2$  en el ambiente para ralentizar el deterioro.



# OBJETIVOS DEL PROYECTO

## CONTROL CO<sub>2</sub>

Poder llevar un control en tiempo real de los valores de CO<sub>2</sub> presentes en la cámara frigorífica con papas.

## VENTILACIÓN

Cuando el CO<sub>2</sub> es muy alto, una señal automática manda a prender la ventilación, y luego a apagarla cuando desciende.

## SIMULACIÓN

Los valores de CO<sub>2</sub> simulado se basan en el standard de **11 ppm/h** por kilo de papas sanas y **65 ppm/h** para las podridas.

## UMBRALES REALES


Siendo 800 ppm una cantidad adecuada de CO<sub>2</sub> pero 1000 ya algo riesgoso, la ventilación se enciende superados los 800.

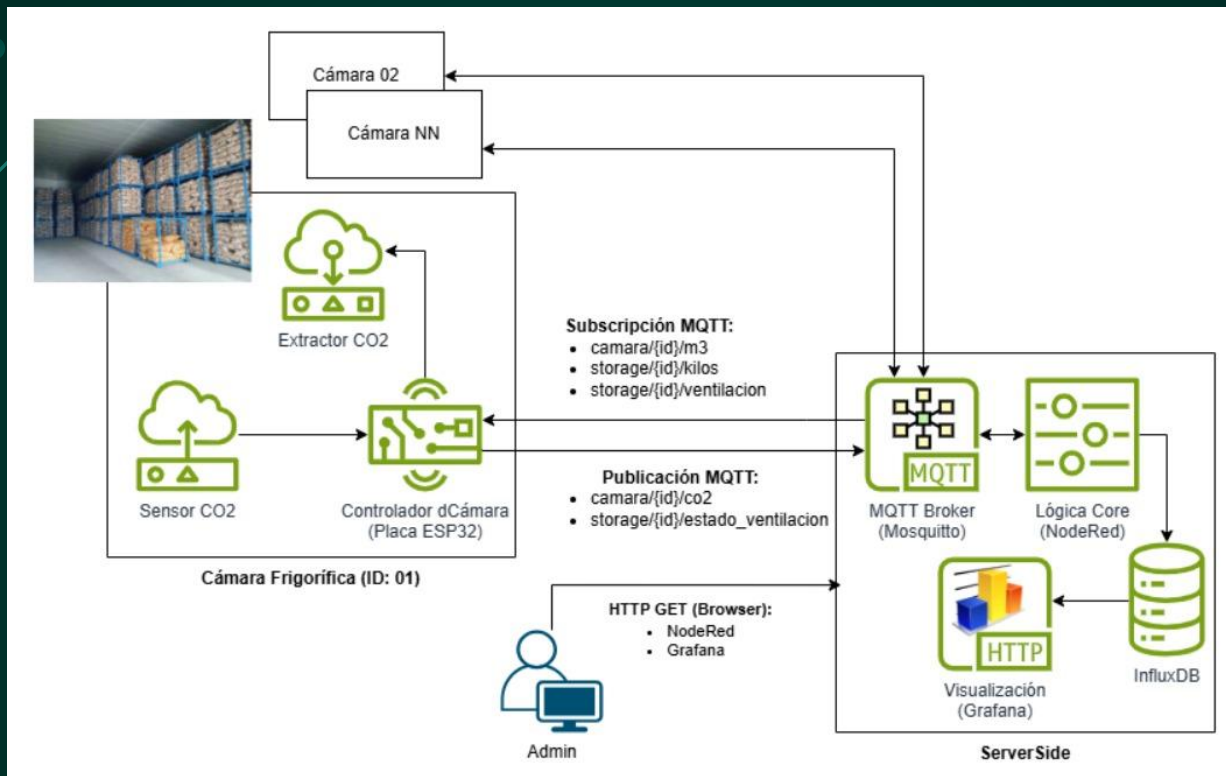
## DATOS

Toda la información de CO<sub>2</sub> recibida por Node-RED es llevada a una base de datos InfluxDB.

## GRÁFICOS

Los valores de CO<sub>2</sub> registrados en InfluxDB es tomada por Grafana para ofrecer una gran gama de gráficos estadísticos.





## Arquitectura de solución

# MEDIDAS Y UMBRALES

Algunas de las medidas y umbrales utilizados en el proyecto y su razón de ser.

Volumen cámara	Se tomó por defecto una cámara chica de <b>8m<sup>3</sup></b> . Esta medida puede ser reemplazada desde el nodo "Definir kilos y m3" en Node-RED.
Papas	Las papas almacenadas se miden en kilogramos. Este valor puede ser modificado desde el ya mencionado nodo de Node-RED. Por defecto, se utilizan <b>5000kg</b> . Se estima que caben 1000 kg por m <sup>3</sup> .
Medida CO <sub>2</sub>	Las papas generan CO <sub>2</sub> al respirar, valor que no puede superar los <b>1000 ppm</b> ( <i>partes por millón</i> , medida standard) sin acelerar su proceso de descomposición.
Rango CO <sub>2</sub>	El rango ideal de CO <sub>2</sub> presente en el aire es de <b>400-800 ppm</b> , y no se deben superar los <b>1000</b> . Es por ello que Node-RED solicita la ventilación de la cámara cuando se superan los <b>800 ppm</b> .
Índice de putrefacción	La simulación de papas podridas para esta demostración implica la pudrición de <b>0-2%</b> de las papas totales por segundo. Y cada vez que se setea una nueva cantidad de kilos, esto se reinicia a 0.
Calculo de CO <sub>2</sub>	En base a los bucles de 1 segundo establecidos, el CO <sub>2</sub> simulado se acumula en base a <b>11/3600 ppm</b> para la cantidad de papas sanas y <b>65/3600</b> para aquella cantidad de papas podridas.

Para más información:  
ASHRAE (American Society of Heating,  
Refrigerating and Air-Conditioning Engineers)

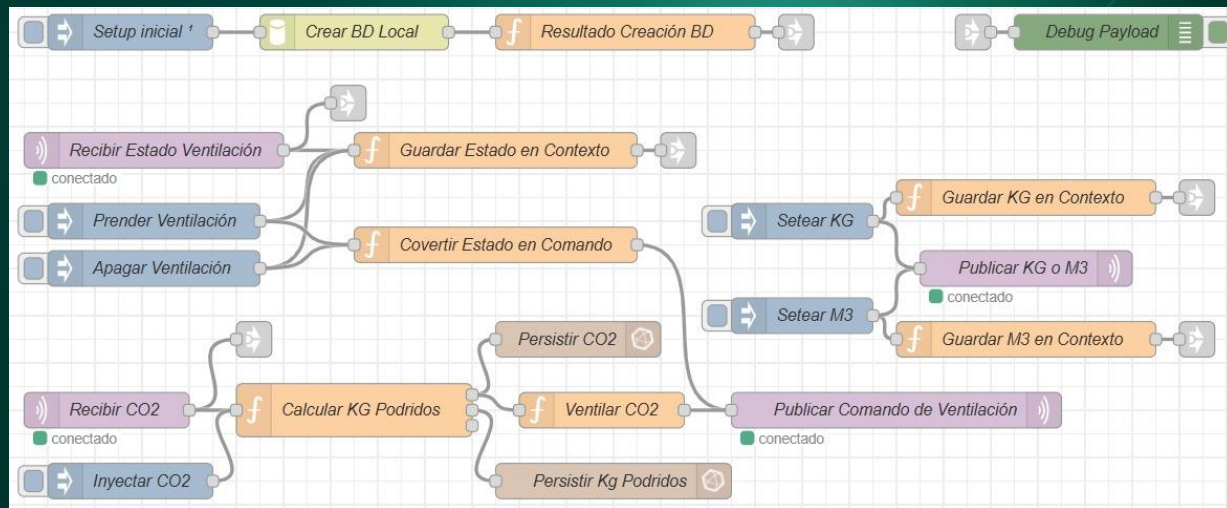
Para más valores utilizados en el proyecto:  
Módulo de configuración

# Centro de Control Node-RED

Siendo el **ESP32** solo la parte que **registra** (o *simula*) e informa la generación de CO<sub>2</sub> en la cámara frigorífica, es en realidad **Node-RED** donde se realiza la lógica de negocio:

Acá se centra gran parte de la lógica que permitirá que las mediciones se transformen en gráficos informativos.

- Manejo de mensajes MQTT.
- Persistencia en InfluxDB.
- Comandos de encendido y apagado de ventilación.
- Setup de BD.
- Sincronización con ESP32.



# INTEGRACIÓN Y PERSISTENCIA

## INFLUXDB

name: co2

time

co2

----

---

1751408923108110106 0

1751408924115699155 3.82

1751408925124186712 7.64

1751408926131697882 11.46

1751408927135869033 15.28

1751408928139037606 19.1

1751408929144542240 22.92

- Los datos son almacenados en una base de datos InfluxDB con registro temporal
- La DB se crea automáticamente si no existe y comienza sin valores de ejemplo
- Las lecturas de CO<sub>2</sub> son actualmente el único dato que se guarda y son utilizados para Grafana
- La arquitectura modular del proyecto permite su extensión a otros valores (temperatura, humedad, etc).



# PRUEBAS Y RESULTADOS

Se realizaron muchas pruebas para lograr simular un funcionamiento semi-realista de una gran cantidad de kilos de papas produciendo CO<sub>2</sub> y pudriéndose en un corto tiempo. En los gráficos se ve el aumento de gas progresivo hasta el encendido del extractor que lo reduce rápidamente.



En la interfaz de Grafana se ofrece al usuario técnico o admin mediciones generadas a partir de los datos históricos de CO<sub>2</sub> y Kg de papas podridas, registrados en InfluxDB.





# DESAFÍOS Y APRENDIZAJES



DISEÑO DE  
ARQUITECTURA  
ESCALAR



ORGANIZACIÓN DE  
TÓPICOS MQTT



SINCRONIZACIÓN  
NODE-RED - ESP32



TESTING CON DEBUG,  
INJECT NODES Y  
NODE.WARN



MANEJO DE GRÁFICOS  
CON GRAFANA Y  
AJUSTE DE SIMULACIÓN



PARAMETRIZACIÓN DE  
VALORES PARA MEJOR  
ADAPTACIÓN

# FUTURO Y EXTENSIONES

## Mayor sentido de información

Agregado de sensores de temperatura, humedad, y otros gases.

---

## Alertas e integraciones

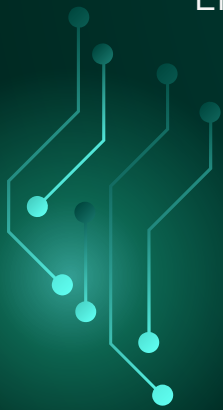
Envío de mensajes por telegram y publicación de endpoints en NodeRed.

---

## Dashboard de control y configuración

Para que el admin pueda configurar cada cámara.

---



# MUCHAS GRACIAS!

CUALQUIER DUDA O CONSULTA:

[ignacio.traberg@gmail.com](mailto:ignacio.traberg@gmail.com)

[taumartin@gmail.com](mailto:taumartin@gmail.com)



[REPOSITORIO GITHUB](#)

CREDITS: This presentation template was created by [Slidesgo](#), including icons by [Flaticon](#), and infographics & images by [Freepik](#)