

Planeación de un sistema de monitoreo para demostrar la eficiencia de los paneles verdes

Planning a monitoring system to demonstrate the efficiency of green panels

Por Oscar González Woge y Carlos Omar González Morán

Resumen: El presente texto se deriva de una investigación enfocada en cuantificar las partículas de dióxido de carbono que eliminan los paneles verdes. Para ello, se analizan los sensores electrónicos MG811 CO₂, calidad del aire MQ135, DHT22 humedad y temperatura, y sensor de luz LDR, con el objetivo de obtener un análisis estadístico en el futuro.

Palabras clave: partículas de dióxido de carbono, paneles verdes, sensores, análisis estadístico.

Abstract: This text is based on research focused on quantifying the carbon dioxide particles removed by green panels. To this end, the MG811 CO₂ electronic sensor, the MQ135 air quality sensor, the DHT22 humidity and temperature sensor, and the LDR light sensor are analyzed, with the goal of obtaining a statistical analysis in the future.

Keywords: carbon dioxide particles, green panels, sensors, statistical analysis.

Los beneficios de contar con áreas verdes en las ciudades se han difundido ampliamente, pues plantas y árboles realizan el proceso de fotosíntesis para purificar el aire del microclima urbano. En ese sentido, es importante saber cuáles son las especies más eficientes para absorber partículas de CO₂, así como la normatividad de construcción para sistemas de paneles verdes.

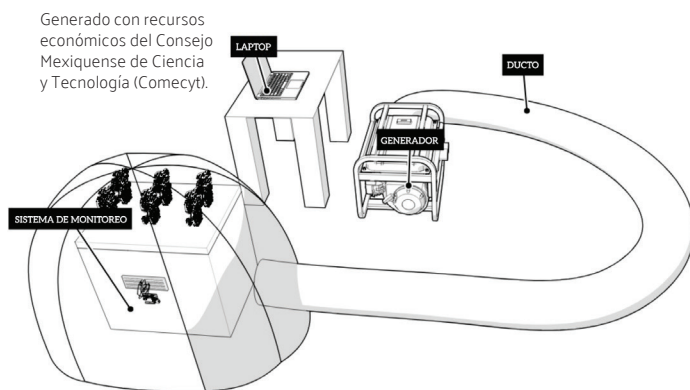
Actualmente, las normas ambientales como PROY-NADF-013-RNAT-2017 sirven como guía para seleccionar el tipo de planta, pero también es importante demostrar la funcionalidad de los paneles verdes. Esta información es esencial en el trabajo de ingeniería para la instalación de techos, azoteas y paredes verdes con herbáceas (pastos y hierbas), crasuláceas (aloe vera y siempreviva), entre otras.

El proyecto que desarrollamos se basa en un edificio a escala (maqueta) para simular las condiciones de un techo o superficie dotado de paneles verdes para posteriormente medir las cantidades de emisiones de gases absorbidos, principalmente dióxido de carbono (CO₂). El experimento incluye un invernadero hermético para crear un microclima, además de otras variables (temperatura con unidad, porcentaje de humedad relativa y cantidad de luz con unidad luxes).



El dióxido de carbono y los otros gases son introducidos al sistema hermético del edificio a escala con paneles verdes a través del escape o ducto de un motor de combustión interna (generador eléctrico a gasolina) (Figura 1). Dependiendo del tiempo que se tome el monitoreo en adquirir una cierta cantidad de datos mínimos para poder tener un tamaño de muestra confiable.

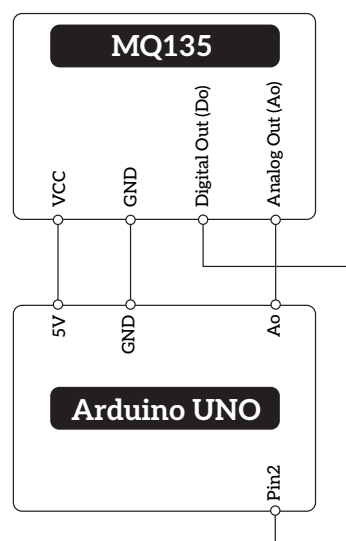
Figura 1. Concepto del experimento



Fuente: Elaboración propia.

La construcción y operación del experimento necesita de ciertos materiales y equipos electrónicos de medición, como el sensor MQ135 (Torres Guin et al., 2024), asequible para la correcta detección, cuantificación y monitoreo de amoníaco, alcohol, benceno, humo, dióxido de carbono y otros gases. Generalmente, se conecta a un microcontrolador Arduino UNO (Figura 2) para suministrar cargas de 5 voltios (V) y 150 miliamperes (mA) (Naylamp Mechatronics, s/f). El proceso de calibración es fácil al ser un sensor dispuesto en una placa de circuito impreso (PCB) con diodo emisor de luz (LED) que identifica la presencia de gases y un potenciómetro para ajustar el valor de salida.

Figura 2. Conexión del Arduino con el sensor MQ135



Fuente: Elaboración propia.

La calibración del sensor se efectúa con el ajuste del potenciómetro integrado y el registro de los valores mínimos y máximos obtenidos cuando el sensor se expone a los gases contenidos en una bolsa de plástico sellada (Tabla 1).

**LAS NORMAS AMBIENTALES
AYUDAN A SELECCIONAR
LAS PLANTAS PARA LOS
PANELES VERDES, PERO ES
IMPORTANTE DEMOSTRAR LA
FUNCIONALIDAD DE ESTO**

Tabla 1. Rango de valores para el sensor de gases MQ-135

Valor ppm (partes por millón)	Potenciómetro máximo	Potenciómetro medio	Potenciómetro mínimo
Inicial	0.09	0.15	0.05
Máximo	5.45	13.22	9.46
Mínimo	1.77	1.70	1.26
Media	3.65	7.45	5.36

Fuente: Elaboración propia.

Al concluir la calibración se procede a conformar el sistema de monitoreo y recopilación de datos. Como se había mencionado, dicho sistema comprende los sensores de temperatura y humedad (DHT11), así como de luz (LDR), los cuales tiene la ventaja de no requerir calibración, sino que se instalan de forma directa. El invernadero se construye con una estructura de madera para introducirlo en un ambiente hermético (Figura 3).

Figura 3. Sensor de gas dentro del invernadero

Imagen propia.



EL PROYECTO SE BASA EN UN EDIFICIO A ESCALA PARA SIMULAR UN MICROCLIMA Y LAS CONDICIONES DE UN TECHO VERDE Y MEDIR LAS CANTIDADES DE CO₂

La planta utilizada es aloe vera o sábila, un tipo de suculenta recomendada por la norma técnica ambiental (Gobierno..., 2018). Una vez completado el proceso de saturación del invernadero con gases derivados de la combustión interna, se procede a monitorear las variables con los sensores hasta que se complete la purificación del ambiente; el siguiente paso es analizar los datos numéricos de las variables físicas de temperatura, humedad, cantidad de partículas de CO₂ y cantidad de luz.

Todo es registrado en hojas de cálculo, gracias a la conexión de la placa Arduino y el complemento com de Excel, no hay necesidad de programas externos; el microcontrolador genera los datos numéricos para su análisis estadístico mediante modelos de regresión y archivos compatibles con código R. Al ejecutar la correlación entre variables se obtiene el coeficiente del impacto que tienen entre sí las variables, es cercano o superior a 0.75 es significativo y esto es lo que permite graficar los resultados.

Así se logra construir una base de datos de varios días y plantas. Posteriormente se revisan los datos y se determina la eficiencia de las especies vegetales que han logrado eliminar mayor cantidad de particular. El resultado es un sistema sólido y aplicable a los techos o paredes verdes de las ciudades, de tal manera podamos contribuir en las estrategias contra el calentamiento global y el efecto isla urbana de calor que aqueja a muchas ciudades del mundo. 

Referencias

- Gobierno de la Ciudad de México (2018). "Aviso por el que se da a conocer el proyecto de norma ambiental para el distrito federal PROY-NADF-013-RNAT-2017, que establece las especificaciones técnicas para la instalación de sistemas de naturación en la Ciudad de México", en *Gaceta Oficial de la Ciudad de México*, núm. 410.
- Naylamp Mechatronics (s/f). Tutorial sensores de gas MQ2, MQ3, MQ7 y MQ135. <https://naylampmechatronics.com/blog/42_tutorial-sensores-de-gas-mq2-mq3-mq7-y-mq135.html>.
- Oscar González Woge et al. (2017). *Diseño, construcción y estudio de la eficiencia de los paneles verdes mediante un sistema de monitoreo de variables físicas* [Tesis]. Universidad Autónoma del Estado de México.
- Torres Guin, Washington et al. (2024). "IoT architecture for vehicle pollutant gas emission monitoring and validation through machine learning", en *Ingenius*, núm. 32. <<https://doi.org/10.17163/ings.n32.2024.01>>.



Oscar González Woge es Ingeniero Industrial y Maestro en Ciencias de la Computación por el Centro Universitario UAEM Valle de México. Beneficiario del programa Investigadores Comecyt, con el proyecto "Sistema computarizado para monitorear emisiones de automóviles con una técnica de efecto invernadero aplicando paneles verdes".



Carlos Omar González Morán es miembro del Sistema Nacional de Investigadoras e Investigadores, nivel 1. Cuenta con más de 15 años de experiencia en el estudio de materiales inteligentes ferroeléctricos cerámicos y polímeros, haciendo análisis mecánico, óptico, térmico y eléctrico; además, en técnicas de electrospinning para el desarrollo de membranas de polímero de usos múltiples, como textiles microestructurados, andamios para crecimiento celular (piel) y sensores, entre otros.