MÓDULO IV

Tema 3

Resumen

Título
Aprovechamiento de energía renovable - Construcción de un anemómetro
Duración 45 minutos
Rango de edad del alumnado 10-14

Resumen del tema

La energía eólica se genera a partir del viento y es una fuente de energía limpia y sostenible. Actualmente, es una de las grandes productoras de energía limpia del plantea. Sin embargo, aunque presenta muchas ventajas, como el bajo nivel de huella de carbono y la no emisión de partículas a la atmósfera, una de sus mayores desventajas es la dependencia del clima. La energía se genera mediante el movimiento de las aspas de un molino de viento o aerogenerador. Estas aspas se mueven al ser empujadas por el viento, por lo que es necesario la presencia de viento para generar electricidad. Además, a mayor velocidad del viento, mayor generación de energía eólica. En esta sesión, construiremos un anemómetro, un dispositivo que mide la velocidad del viento. Empleando un sensor específico y una placa Arduino UNO, los alumnos serán capaces de conocer la velocidad del viento.

Resultados de aprendizaje

Finalidad / Objetivos de aprendizaje

- Enseñar a los alumnos una forma relativamente precisa de medir la velocidad del viento
- Interpretación del resultado para conocer la viabilidad de proyectos de generación de energía eólica
- Conocer la importancia que posee la velocidad del viento en nuestra sociedad

Objetivos transversales

- Conocer otras maneras, a parte de la empírica, para medir magnitudes
- Adquirir conocimientos básicos sobre electrónica y programación

Conexión con Objetivos de Desarrollo Sostenible

Este tema está alineado con el ODS 4 “Educación de calidad”, concretamente con la Meta 4.7 “De aquí a 2030, asegurar que todos los alumnos adquieran los conocimientos teóricos y prácticos necesarios para promover el desarrollo sostenible, entre otras cosas mediante

la educación para el desarrollo sostenible y los estilos de vida sostenibles, los derechos humanos, la igualdad de género, la promoción de una cultura de paz y no violencia, la ciudadanía mundial y la valoración de la diversidad cultural y la contribución de la cultura al desarrollo sostenible". La construcción de un anemómetro es una actividad educativa que promueve el aprendizaje práctico y el interés por la ciencia y la meteorología. Además, está relacionado con el ODS 7 "Garantizar el acceso a una energía asequible, segura, sostenible y moderna", pues el anemómetro se emplea para medir la velocidad del viento, esencial en la viabilidad de la generación de energía eólica.

Implementación

Facilitación

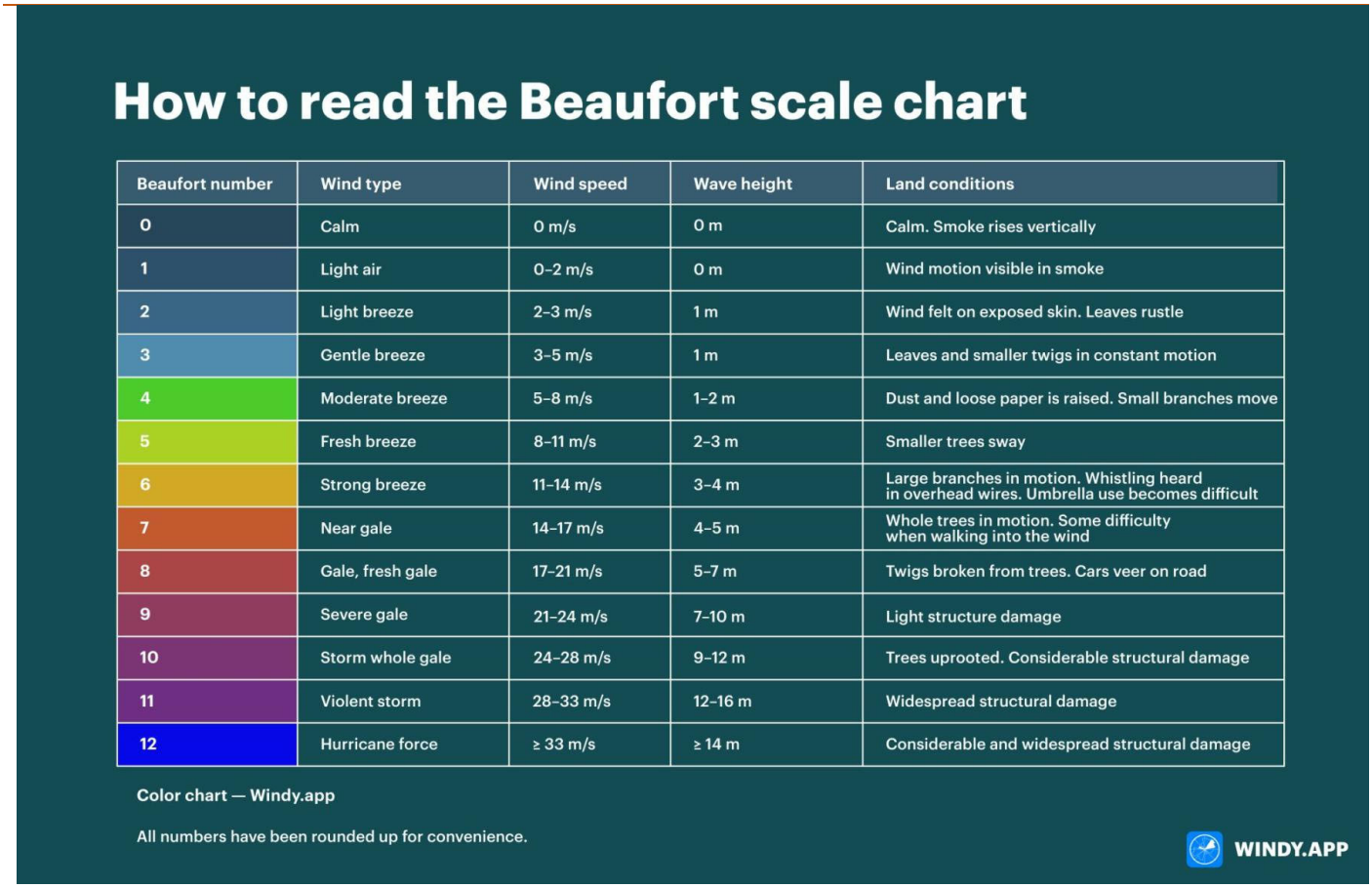
- Asegúrate de que todos los recursos y materiales estén listos antes de empezar la clase.
- Se manejarán dispositivos electrónicos. Prestar especial atención a la hora de manejar estos elementos, debido a su delicadeza y la carga eléctrica que podrían tener. A la hora de manipularlos, siempre desconectarlos de la red eléctrica u otros equipos.
- Cuando la velocidad del viento es elevada, el anemómetro girará a una gran velocidad. Mantener siempre el sensor a una distancia de seguridad para evitar golpes con personas u otros objetos.
- Asegúrate de utilizar, siempre que se posible, materiales reciclables o reciclados.

Recursos / Materiales necesarios

- Ordenador con Arduino IDE instalado
- Placa de desarrollo Arduino UNO R3
- Cable USB tipo B
- Adaptador de corriente con conector de barril macho de 9 voltios
- Anemómetro para Arduino UNO R3 con salida en tensión de 0 a 5 voltios

Ideas para continuar

Con la capacidad de conocer la velocidad del viento en cualquier punto, se podría realizar una actividad, en las inmediaciones del lugar de la sesión, buscando aquellos puntos en los que la instalación de un molino sería más viable. Es importante destacar que es un ejercicio teórico, pues, probablemente, no se cumplan todas las regulaciones para la instalación de una turbina eólica. Para eso, sería necesario analizar la velocidad del viento en diferentes momentos del día en varios puntos. Por ejemplo, estudiar tres localizaciones a las que se acudirá en tres momentos del día. Para hacer la medición más fiable, podrían formarse equipos con tres anemómetros, permitiendo medir la velocidad del viento en los tres puntos de forma simultánea. La localización ideal sería aquella que presente una mayor velocidad media.
También se les puede hablar de la Escala de Beaufort, una medida empírica de la velocidad del viento y que se basa, principalmente, en el estado del mar, las olas y la fuerza del viento.



How to read the Beaufort scale chart

Beaufort number	Wind type	Wind speed	Wave height	Land conditions
0	Calm	0 m/s	0 m	Calm. Smoke rises vertically
1	Light air	0–2 m/s	0 m	Wind motion visible in smoke
2	Light breeze	2–3 m/s	1 m	Wind felt on exposed skin. Leaves rustle
3	Gentle breeze	3–5 m/s	1 m	Leaves and smaller twigs in constant motion
4	Moderate breeze	5–8 m/s	1–2 m	Dust and loose paper is raised. Small branches move
5	Fresh breeze	8–11 m/s	2–3 m	Smaller trees sway
6	Strong breeze	11–14 m/s	3–4 m	Large branches in motion. Whistling heard in overhead wires. Umbrella use becomes difficult
7	Near gale	14–17 m/s	4–5 m	Whole trees in motion. Some difficulty when walking into the wind
8	Gale, fresh gale	17–21 m/s	5–7 m	Twigs broken from trees. Cars veer on road
9	Severe gale	21–24 m/s	7–10 m	Light structure damage
10	Storm whole gale	24–28 m/s	9–12 m	Trees uprooted. Considerable structural damage
11	Violent storm	28–33 m/s	12–16 m	Widespread structural damage
12	Hurricane force	≥ 33 m/s	≥ 14 m	Considerable and widespread structural damage

Color chart — Windy.app

All numbers have been rounded up for convenience.

WINDY.APP

Esta escala fue desarrollada alrededor de 1805, cuando no se podía medir la velocidad del viento como se realiza hoy en día. De ser posible, una actividad interesante sería comprobar la escala con el anemómetro y ver su exactitud. Es importante destacar que las velocidades de la tabla (al igual que las indicadas en las predicciones meteorológicas) son medidas a una altura de 10 metros sobre el suelo. A 2 metros, la velocidad podría ser del 50 al 70% de las velocidades anteriores. Puedes encontrar más información sobre esta escala en el siguiente enlace: https://www.rmets.org/metmatters/beaufort-wind-scale.

Fuente / Materiales y preparación de la clase

El viento es una masa de aire en movimiento, producida por diferencias de presión en la superficie de la tierra. El aire siempre se mueve desde puntos de alta presión hacia zonas de baja presión. Esta diferencia de presión puede ser causada por diferencias en el calentamiento de la tierra por parte del sol. Puedes obtener más información sobre el viento en las siguientes fuentes (https://www.rmets.org/metmatters/what-wind y https://education.nationalgeographic.org/resource/wind/), y mostrar el siguiente vídeo al alumnado: https://www.youtube.com/watch?v=SqbTrbxWT1o. Existen numerosas maneras de medir la velocidad del viento, llamándose anemómetro al instrumento utilizado para esta labor. En el siguiente enlace tienes más información sobre los anemómetros (https://www.mrclab.com/how-to-use-cup-anemometer). Uno de los anemómetros más extendidos son los anemómetros de copa, formados por tres o más elementos en formas de copa o vaso unidos a un eje. Las copas sirven de obstáculo al viento y giran a mayor velocidad cuanto mayor es la velocidad del viento. En la siguiente página web puedes comprobar la velocidad y dirección del viento en cualquier parte del mundo: https://www.windy.com/.

La velocidad del viento no es solo un número en un informe meteorológico. Es una variable que puede hacer que ciertas actividades sean exitosas, agradables y seguras o un fracaso, complicadas e inseguras. Ya sea windsurf, paracaidismo o parapente, las condiciones de viento adecuadas son esenciales para una experiencia gratificante, divertida y segura. Incluso en profesiones como la limpieza de ventanas, los trabajos de construcción y el mantenimiento a gran altura, un viento fuerte puede convertir una tarea rutinaria en un peligro grave. Medir la velocidad del viento y establecer umbrales de seguridad es la clave para prevenir este tipo de accidentes.
A su vez, la velocidad del viento, junto con otras variables meteorológicas, es clave para realizar predicciones climáticas y comprender fenómenos como tornados, huracanes, tormentas, etc.
También es esencial conocerla a la hora de determinar la viabilidad de los parques eólicos, instalaciones que aprovechan la fuerza del viento para generar electricidad, que ven determinada su generación en función de la velocidad del viento de la zona.

Los elementos básicos y esenciales para realizar esta sesión son:

- Arduino UNO R3
- Anemómetro con salida en tensión de 0 a 5 Voltios
- Adaptador de corriente de 9V con conector de barril

Aunque esta guía paso a paso se realiza con unos modelos específicos de los tres elementos, por ejemplo, el anemómetro recomendado es el siguiente: https://www.dfrobot.com/product-1114.html; podría realizarse esta sesión utilizando otros modelos con otras características. Sin embargo, aunque la guía seguirá siendo válida, podría ser necesario modificar ciertos pasos, especialmente los relacionados con el montaje y la programación.
La placa de desarrollo Arduino UNO R3, que se puede ver en la Figura 4.3.2, es un dispositivo programable ideal para comenzar a adquirir conocimientos de programación y electrónica. Es una placa basada en microcontrolador, un elemento con los componentes más básicos de un ordenador: procesador o CPU (el cerebro del ordenador), memoria y periféricos de entrada/salida (para comunicarse con el exterior). La placa Arduino UNO R3 es un componente que, aunque sencillo, posee numerosas funcionalidades que permiten realizar cualquier proyecto doméstico: encender y apagar luces automáticamente en función de la luz ambiental, un sistema automático de riego para las plantas y casi cualquier cosa que se te ocurra.

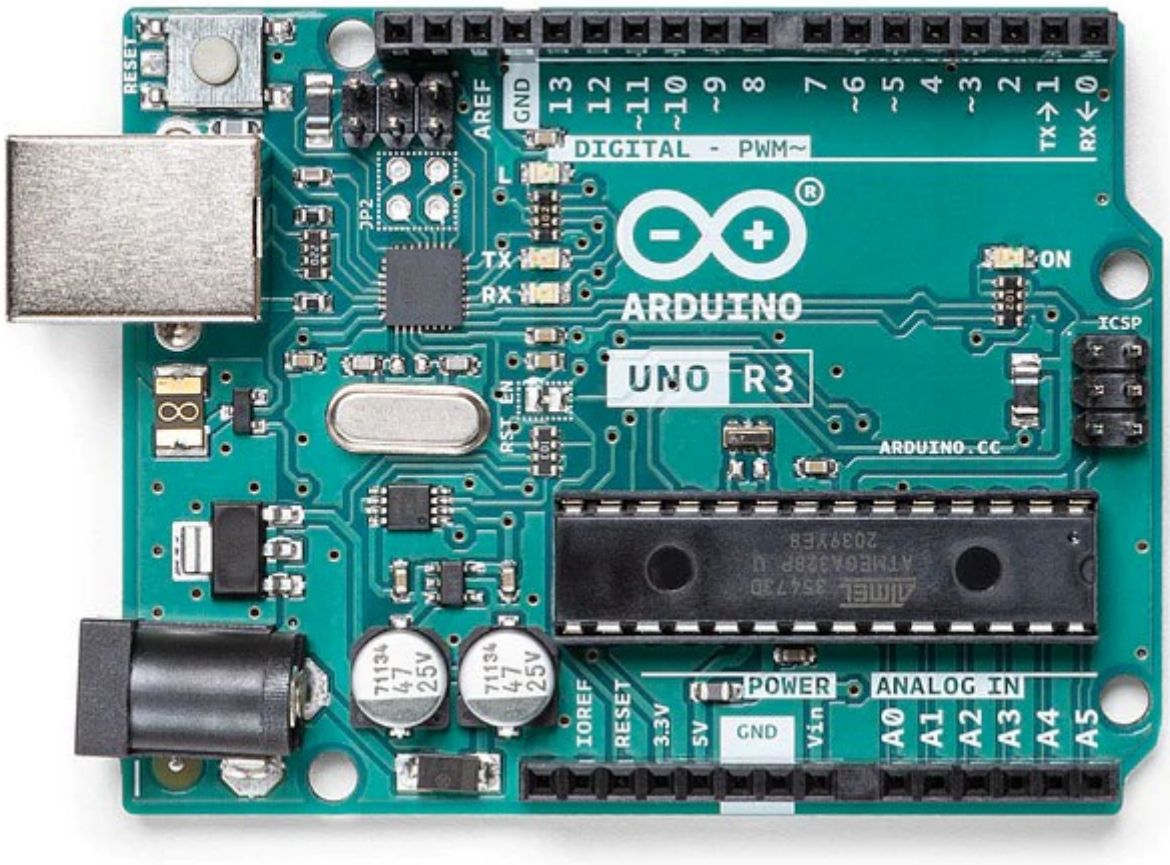


*Figura 4.3.2 – Placa de desarrollo Arduino UNO R3. Fuente: Arduino. Enlace: https://store.arduino.cc/en-es/products/arduino-uno-rev3?_gl=1*1osninv*_gcl_au*NTg3MjU0NDI5LjE3Mjc3OTY4NTI.*FPAU*NTg3MjU0NDI5LjE3Mjc3OTY4NTI.*_ga*MTI4NDQzODQxMC4xNzI3Nzk2ODUx*_ga_NEXN8H46L5*MTcyNzc5Njg1MC4xLjEuMTcyNzc5Njg1OS4wLjAuMTE2NTA4MTcxMA..*_fplc*WEVJSlNnQmlWc0VMWjFEVDZ6TVolMkJIV3ZiWmJkT0Z5TlliWVVqbkZmbm9HJTJCelFLRiUyRlUwQzc4R0xiUVhlUktOQXIybTNRRWslMkZsbnFQZ3BwRCUyQm1kTFg3QVB1UyUyRmhhRGtDVW9kTmZhNW50JTJCQVFCZ2R6Y1pNM3YzM3J0RTdkZVElM0QlM0Q.*

Una de las formas más fáciles de programar esta placa de desarrollo es a través del Arduino IDE (https://www.arduino.cc/en/software), que permite desarrollar y subir el código, escrito en el lenguaje de programación Arduino, a la placa. El lenguaje de programación Arduino está basado en C y C++. La estructura de un código Arduino se divide en dos funciones: *setup* y *loop*. La Figura 4.3.3 muestra la estructura básica, y generada automáticamente al crear el fichero, de un código Arduino.

```
1  void setup() {
2
3  }
4
5  void loop() {
6
7  }
```

Figura 4.3.3 – Estructura básica de un código Arduino

La primera de las funciones, *setup* (https://docs.arduino.cc/language-reference/en/structure/sketch/setup/), solo se ejecuta una vez, en el momento de iniciar el programa. Se emplea para inicializar variables, configurar las entradas/salidas de las

placas, comenzar a usar librerías específicas y etc. Es decir, todo el código (las instrucciones que queramos realizar) contenido en la función es ejecutado una única vez al inicio.
La otra función, *loop* (https://docs.arduino.cc/language-reference/en/structure/sketch/loop/), se ejecuta de forma continua mientras la placa de desarrollo esté activa. Todo el contenido de la función se repite una vez después de otra, de forma cíclica. Habitualmente, el código para llevar a cabo la tarea deseada se colocará en este espacio.
Desde el Arduino IDE, además de desarrollar el código, también se puede realizar la compilación del código (comprobar que no existan errores sintácticos en el código ni ningún otro tipo de error) y cargar el mismo en la placa de desarrollo. Esas dos acciones pueden realizarse con los botones correspondientes, en la zona superior izquierda del entorno. La Figura 4.3.4 resalta estos dos botones en el Arduino IDE.



Figura 4.3.4 – Botones de verificar y cargar el código

En el siguiente enlace (https://docs.arduino.cc/language-reference) se encuentra la ayuda oficial de Arduino sobre las funciones propias del lenguaje.
En esta sesión, se hará uso de variables enteras y flotantes, del puerto serie y de la lectura analógica de una entrada. Las variables enteras (https://docs.arduino.cc/language-reference/en/variables/data-types/int/) son variables que pueden almacenar número enteros, desde el -32,768 hasta el 32,767. Por ejemplo, una variable entera puede almacenar el 8, el 19, el 26 o el -1. Sin embargo, no puede almacenar el número 0,5, por ser un número decimal. Para guardar ese número, será necesario emplear las variables flotantes (https://docs.arduino.cc/language-reference/en/variables/data-types/float/) que sí permiten almacenar números con punto decimal.
Otra de las funciones que emplearemos es *analogRead* (https://docs.arduino.cc/language-reference/en/functions/analog-io/analogRead/) que realiza la lectura de un valor analógico, es decir, un valor continuo y lo convierte a un valor digital, es decir, discreto; que es interpretable por la placa de desarrollo. En el caso del Arduino UNO, el rango de la entrada analógica es de 0 a 5V, convirtiéndolo a un número entero entre 0 y 1023.
Por último, utilizaremos las funciones del puerto serie (https://docs.arduino.cc/language-reference/en/functions/communication/Serial/) para la comunicación con el ordenador. Bastará con configurar dicha comunicación y especificar el mensaje a enviar.

El anemómetro es el otro elemento básico de la sesión. Es un sensor, un dispositivo capaz de medir una magnitud física (en este caso la velocidad del viento) y devolver esa información en una señal eléctrica. Aunque existen diversas posibilidades en las que se puede presentar esa señal eléctrica, nos centraremos en la forma que encontraremos en esta sesión: el voltaje. El anemómetro es capaz de transformar la velocidad del viento en tensión eléctrica, medida en voltios. El funcionamiento del anemómetro es simple, en su interior posee unos imanes anclados mecánicamente al eje sobre el que están las copas y, al moverse las copas debido al viento, los imanes también se mueven generando una tensión en el conductor, por la ley de inducción electromagnética de Faraday. Esta señal, previamente acondicionada, se envía a la salida del anemómetro. El anemómetro recomendado para la sesión es el siguiente: https://www.dfrobot.com/product-1114.html.

Para el caso que nos atañe ahora, el anemómetro generará en su salida una tensión entre 0V y 5V en función de la velocidad del viento. Por ejemplo, el anemómetro recomendado para esta sesión devolverá un valor de 5V cuando la velocidad del viento sea de 30 m/s, un valor de 2,5V cuando la velocidad sea de 15 m/s y 0V cuando el viento se desplace a 0 m/s. La Figura 4.3.5 muestra la recta de correlación entre el voltaje del sensor (eje X) y la velocidad del viento (eje Y).

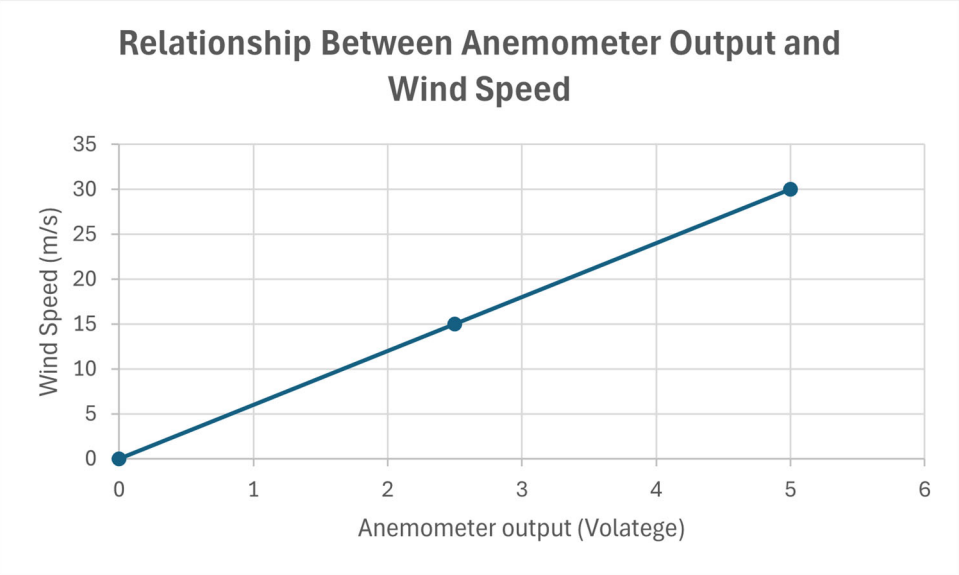
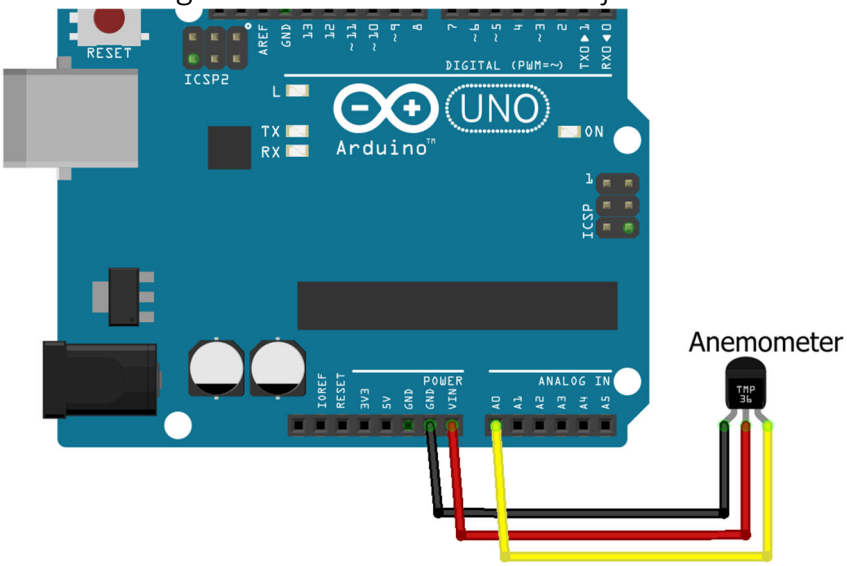
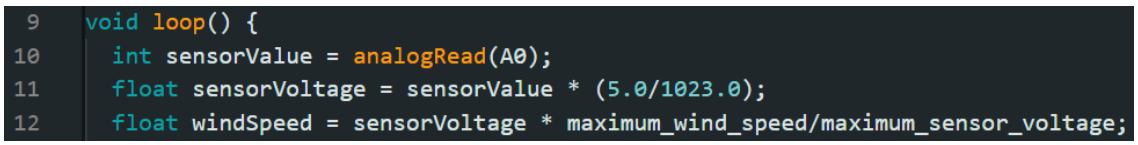
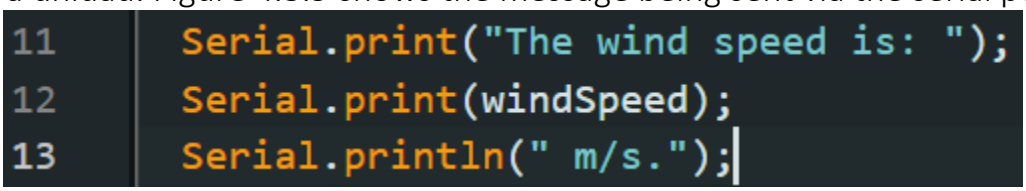


Figura 4.3.5 – Correlación entre la tensión de salida del anemómetro y la velocidad real del viento

Por tanto, y resumiendo, el anemómetro generará una tensión a su salida en función de la velocidad del viento. La placa de desarrollo Arduino UNO se encargará de leer esta tensión, y realizar las operaciones adecuadas para convertir tensión a velocidad del viento.

Esquema del tema

Tiempo	Instrucciones paso a paso
5min	Desempacar el anemómetro con cuidado. Aprovechar para conocer sus características eléctricas y funcionamiento.
10min	Realizar el montaje del circuito. Consistirá en un anemómetro de copas, encargado de medir la velocidad; un Arduino UNO R3, encargado de calcular y presentar la velocidad del viento; y un adaptador de red, encargado de alimentar los dispositivos. En primer lugar, se conectará el cable negro (*GND*) del anemómetro a cualquier pin *GND* de la placa Arduino. Posteriormente, el cable amarillo del anemómetro (*Voltage Signal*) se conectará al pin *A0* de la placa Arduino. Después, el cable rojo (*VCC*) del anemómetro deberá conectarse al pin *VIN* de la placa Arduino. La Figura 4.3.6 muestra el montaje eléctrico.  *Figura 4.3.6 – Montaje eléctrico del anemómetro* Por último, se conectará el adaptador de red a la entrada Jack de la placa Arduino.
10min	Conectamos la placa Arduino al ordenador mediante el cable USB tipo B y abrimos el IDE de Arduino. Comenzaremos a programar el Arduino. Declaramos y damos valor, en función del anemómetro usado, a la velocidad máxima posible y el voltaje que la indica (según el anemómetro). Inicializamos el puerto serial para establecer comunicación con el ordenador. Se utilizará una velocidad de 9600 baudios. La Figura 4.3.7 refleja las instrucciones a incluir en el código para esto. `float maximum_sensor_voltage = 5.0;` `float maximum_wind_speed = 30.0;` `void setup() {` `  Serial.begin(9600);` `}` *Figura 4.3.7 – Inicializando variables y la comunicación serie*

15min	Realizar la lectura del pin A0. En este pin se encuentra conectada la salida del anemómetro, que variará entre 0 y 5 voltios. La lectura del Arduino devolverá un valor entre 0 y 1023, siendo de 0 cuando el anemómetro está sacando 0V; y de 1023 cuando su salida es de 5 voltios. Este valor se almacena en una variable entera llamada *sensorValue*. Antes de convertirla a velocidad, es necesario conocer el voltaje al que equivale, por lo que se realiza la conversión y se almacena en una variable flotante llamado *sensorVoltage*. Por último, se realiza la conversión entre el voltaje del anemómetro (almacenado en *sensorVoltage*) y la velocidad del viento (*windSpeed*). La Figura 4.3.8 muestra el código para realizar todo este proceso.  *Figura 4.3.8 – Lectura del anemómetro y conversión a velocidad del viento* Para eso, se utilizan las variables de *maximum_wind_speed* y *maximum_sensor_voltage* que permite modificar fácilmente los rangos de la conversión para adaptar el código a distintos sensores
5min	Realizar el envío del valor de la velocidad al ordenador para poder comprobar su valor por el puerto serie de este (disponible desde el Arduino IDE). En primer lugar, se envía un texto fijo “La velocidad del viento es: ”. Posteriormente, se envía la velocidad calculada y, por último, se indican las unidades de la velocidad. Modificar este último campo en caso de querer mostrar la medición en otra unidad. Figure 4.3.9 shows the message being sent via the serial port.  *Figura 4.3.9 – Envío de la velocidad del viento al ordenador*
5min	Por último, realizar una espera para que el cálculo de la velocidad del viento sea periódico y no se realice de forma continua. Una espera de 500 milisegundos (0.5 segundos) es un buen valor. La Figura 4.3.10 muestra la espera implementada en el código.  *Figura 4.3.10 – Espera de 500ms entre lecturas de la velocidad del viento*

Evaluación formativa

La evaluación formativa se realizará a través de observaciones en clase. Los/las docentes observan al alumnado realizar la actividad, prestando especial atención a su aplicación del conocimiento adquirido. También se podrán realizar preguntas orales, sobre cada grupo de trabajo, con el objetivo de determinar su conocimiento teórico del tema, así como conocer la capacidad de trabajo en equipo de cada estudiante y su grado de participación en la actividad.

Feedback

Net Promoter Score (NPS) es una herramienta ampliamente utilizada para medir la lealtad y satisfacción de los clientes o, en un contexto educativo, de los estudiantes. Mide la probabilidad de que los estudiantes recomienden el tema o el curso a otras personas.
A continuación, se explica cómo analizar y aplicar NPS:

Desarrollo de la pregunta NPS:

- Pregunta principal: "En una escala de 0 a 10, ¿qué probabilidad hay de que recomiende este tema a otros estudiantes?".
- Preguntas de seguimiento: "¿Por qué seleccionaste esa puntuación?" y "¿Cómo podemos mejorar este tema?".

Recogida de respuestas:

- Encuestas digitales: Utiliza herramientas en línea como Google Forms, SurveyMonkey o Typeform para recopilar respuestas de los estudiantes.
- Encuestas en papel: Se reparten cuestionarios en papel al final de la lección para que los rellenen los alumnos. En el Anexo se muestra una plantilla para recoger las respuestas con encuestas en papel.
- Aplicaciones interactivas: Se utilizan aplicaciones interactivas como Quizziz, Mentimeter o Kahoot! para recopilar respuestas en tiempo real.

Clasificación de las respuestas:

- Promotores (Puntuación 9-10): Estudiantes muy satisfechos y propensos a recomendar el tema.
- Pasivos (puntuación 7-8): Alumnado satisfecho, pero no entusiasmado; podrían cambiar de opinión fácilmente.
- Detractores (Puntuación 0-6): Alumnado insatisfecho y con pocas probabilidades de recomendar el tema; podrían hacer críticas constructivas.

Cálculo de NPS:

- Fórmula: NPS = % de promotores - % de detractores.
- Interpretación de la puntuación: NPS oscila entre -100 y +100. Una puntuación positiva (por encima de 0) suele ser buena, y una puntuación por encima de 50 es excelente.

Analizar y utilizar los comentarios:

- Revisa los comentarios para comprender las razones que subyacen a las puntuaciones.
- Identifica patrones y áreas específicas de mejora entre detractores y pasivos.
- Utiliza los comentarios positivos de los promotores para reforzar los aspectos positivos del tema.

Anexos

Código de programación de la placa de desarrollo Arduino UNO R3.

```
float maximum_sensor_voltage = 5.0;
float maximum_wind_speed = 30.0;

void setup() {
  Serial.begin(9600);
}

void loop() {
  int sensorValue = analogRead(A0);
  float sensorVoltage = sensorValue * (5.0/1023.0);
  float windSpeed = sensorVoltage * maximum_wind_speed/maximum_sensor_voltage;

  Serial.print("The wind speed is: ");
  Serial.print(windSpeed);
  Serial.println(" m/s.");

  delay(500);
}
```

CUESTIONARIO PARA RECOGER FEEDBACK DEL TEMA

En una escala de 0 a 10, ¿con qué probabilidad recomendarías este tema a otros estudiantes?

0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10

Nada probable Muy probable

¿Por qué elegiste esa puntuación?

¿Cómo se podría mejorar este tema?