



UNIVERSIDAD  
**COMPLUTENSE**  
MADRID

Proyecto de Innovación  
Convocatoria 2023/2024

Nº de proyecto:

4

Entorno multimedia y OpenSource para la enseñanza de la Física con material interactivo (II): uso de Arduino en las prácticas de la asignatura de Física para el grado en CyTA.

Responsable del proyecto:  
Víctor Galileo Almendro Vedia

Facultad de Veterinaria

Departamento:  
Sección Departamental de Farmacia Galénica y Tecnología Alimentaria

## 1. Objetivos propuestos en la presentación del proyecto

En las primeras semanas de clases de los estudiantes que acaban de iniciar su etapa universitaria, se percibe una preocupación generalizada: su inseguridad frente a la posibilidad de no alcanzar el nivel requerido en las nuevas asignaturas. Desde el ámbito de la Física observamos anualmente esta inquietud, especialmente si este área aparece en grados de formación multidisciplinar donde no siempre el estudiante cuenta con una base sólida (en muchos casos, la Física queda como asignatura optativa no cursada durante la etapa de Bachillerato). Siendo conscientes de lo abstracto y lo árido (es conveniente tener unos conocimientos de Matemáticas adecuados) que puede resultar para un estudiante recién aterrizado en esta nueva etapa educativa, cualquier ayuda adicional para que los conocimientos de estas asignaturas permeen entre los alumnos es bienvenida.

Con este fin, durante el desarrollo del curso 2022-2023 se puso en marcha por parte del área de Física de la Facultad de Veterinaria la experiencia piloto / proyecto de Innovación Docente P224: *Entorno multimedia y OpenSource para la enseñanza de la Física con material interactivo*. La implantación de elementos interactivos en el grado de Veterinaria supuso un aumento significativo de las calificaciones comparando con el curso inmediatamente anterior 2021-2022 [1]. Los alumnos del grado en Veterinaria fueron partícipes de la experiencia piloto docente que implicaba la implementación (muy superficial) de las prácticas con Arduino. Sin embargo, en el grado en Ciencia y Tecnología de los Alimentos (CyTA), a pesar de complementar la enseñanza teoría con apps interactivas de simulación de sistemas (denominados Fislets [2]) no hubo diferencias significativas en las calificaciones del curso 2022-2023 con respecto a las del anterior curso 2021-2022. Aunque inicialmente la experiencia buscaba integrar a estudiantes de ambos grados en el uso de Arduino en sus prácticas, los estudiantes de CyTA fueron penalizados por los plazos de ejecución de los Proyectos de Innovación Docente: sus laboratorios tradicionalmente comienzan la segunda semana después del inicio de curso y la implementación de las prácticas con Arduino fue posterior. Por eso, para este curso 2023-2024, vimos conveniente extender y ampliar el proyecto *Entorno multimedia y OpenSource para la enseñanza de la Física* para el curso 2022-2023 implicando ahora sólo a alumnos de CyTA y profundizando y puliendo algunos aspectos que pudimos observar durante la experiencia piloto. Con la implementación de Arduino para las prácticas de Física buscamos los siguientes objetivos iniciales que enumeramos a continuación:

A) Creación de herramientas propias para la realización de prácticas en Física. Una vez instruido el estudiante en el funcionamiento de Arduino, se buscó que estos puedan apoyarse en la plataforma para crear sus propias herramientas que usarán durante las prácticas de Física. Durante la creación de estas herramientas necesitarán comprender el fundamento de las mismas (para qué las van a usar y en qué se basan), ayudando enormemente a la realización y comprensión de la práctica en sí, reforzando los conocimientos adquiridos durante la sesión. Esta visión despertará en ellos además el pensamiento crítico buscando como objetivo final desplazar la comodidad asociada al uso de aparatos “cajas negras” y entender los beneficios de no caer en su uso. Además, en este proceso de creación, se potenciarán las aptitudes de trabajo en equipo, ya que habrá varios estudiantes abordando el mismo problema desde perspectivas diferentes. Una consecuencia directa de este aumento de recursos al crear el propio estudiante las herramientas de medida será que se hará posible la presencia de varios grupos realizando una sola práctica, pudiendo hacerse al final de la sesión una discusión colectiva de los resultados obtenidos. Durante esta discusión, además, se podrá comparar con resultados de otros alumnos de

otros grados e incluso de otros usuarios que han aportado soluciones al mismo problema con otras construcciones que se han compartido a través de internet [3] (recordemos que la plataforma es *OpenSource*, de código abierto). Cabe señalar que uno de los beneficios de disponer de tantos recursos es que se pueden esquivar todos los problemas técnicos derivados del desgaste del material, pudiendo ser rápidamente subsanados, sin que el alumno pierda tiempo de aprendizaje hasta su reparación / sustitución. En este sentido hay que enfatizar que los alumnos que acuden a estos laboratorios prácticos son alumnos de primero de carrera, que posiblemente no han estado anteriormente en ningún laboratorio en su etapa de instituto y carecen de experiencia práctica, contribuyendo a que sea rutinario la rotura o mal uso de los materiales disponibles. Ese miedo a “romper” los materiales impiden también que el estudiante investigue por su cuenta y vaya más allá, es decir, que intente “exprimir” al máximo los recursos disponibles para saciar su curiosidad. Creemos que esa barrera puede derribarse mediante el uso de Arduino, ya que los materiales usados tienen fácil reparación (como mucho puede romperse algún cable fácilmente sustituible y siendo muy asequibles económicamente).



**Figura 1.** Kits utilizados para el desarrollo del proyecto de innovación docente.

B) Mejorar la comprensión de los fundamentos teóricos de la Física que subyacen en los contenidos que se imparten en las clases teóricas mediante el uso de Arduino como elemento multimedia. La Física es una materia árida para los estudiantes del grado en Ciencia y Tecnología de los Alimentos. Al no percibir que sea una materia importante en su formación universitaria, muchos de ellos prescinden de recibirla durante su formación de bachillerato. Esto hace que al incorporarse a la universidad y encontrarse en primero de carrera con la Física les resulte un área muy complicada, ya que parten con muchos prejuicios por carecer (según ellos) de los conocimientos necesarios. Aunque es cierto que hay una parte de la asignatura que puede resultar abstracta para el estudiantado, lo cierto es que poseen los conocimientos adecuados para poder cursarla sin dificultad. Para facilitarles la seguridad de ello, es necesario que vean cercanos los fundamentos que se imparten en las clases teóricas. Arduino es una herramienta fantástica para que, casi sin darse cuenta, de una forma dinámica y lúdica, los estudiantes puedan asentar fundamentos vistos en clases teóricas tales como mecánica de fluidos o electricidad y magnetismo que con tanto respeto ven fuera del laboratorio.

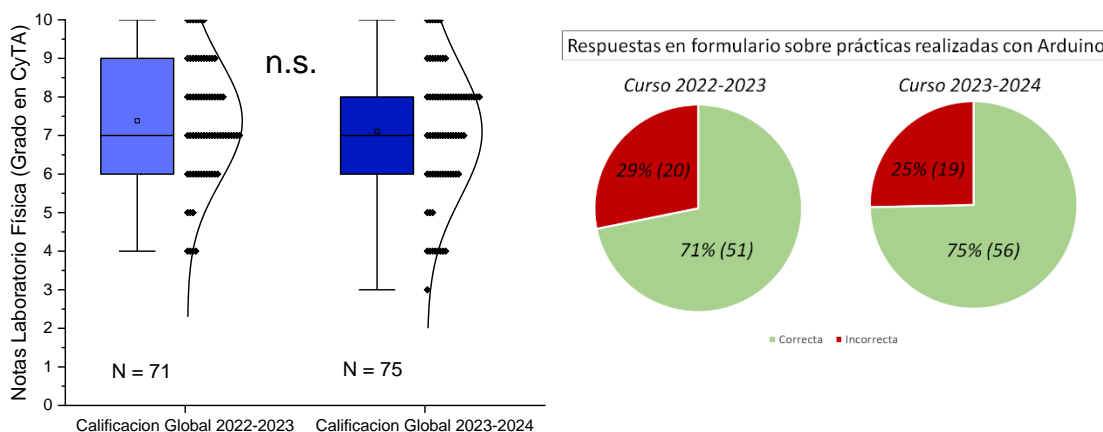
[1] VG Almendro-Vedia et al. Memoria Proyecto Innovación Docente N224 para el curso 2022-2023. Año 2023. Biblioteca DOCTA-Complutense. Universidad Complutense de Madrid.

[2] Esquembre, Francisco et al. Fislets - Enseñanza de la Física con material interactivo. Editorial Pearson 2004.

[3] <https://projecthub.arduino.cc/>

## 2. Objetivos alcanzados

Para evaluar si los objetivos propuestos han sido alcanzados, creemos que el baremo más objetivo constituye una comparación de las notas obtenidas de en el laboratorio antes de aplicar esta innovación docente usando Arduino (curso 2022-2023) y el presente curso (2023-2024). Los resultados relativos a las notas obtenidas en prácticas (desglosadas por prácticas a través de un proceso de evaluación continua utilizando cuestionarios tipo test) pueden verse en la *Figura 2* que pasaremos a comentar.



**Figura 2. Izquierda:** Comparación de notas globales obtenidas en el laboratorio de Física para el Grado en Ciencia y Tecnología de los Alimentos en los cursos 2022-2023 y 2023-2024. **Derecha:** Diagrama de respuestas correctas e incorrectas para las preguntas específicas del formulario del laboratorio con las prácticas implementadas con Arduino para la asignatura de Física de CyTA en los cursos 2022-2023 y 2023-2024.

Comparando las calificaciones globales relativas al Laboratorio de Física en CyTA para los cursos 2022-2023 (sin implementar Arduino) y 2023-2024 (aplicando el proyecto de innovación docente), se observa que a nivel de poblaciones (medias y desviaciones estándar) no ha habido diferencias significativas (n.s.) tras aplicar un test *t-student*. Cabe señalar que, a pesar de esto, sí se ha producido un cambio en la moda, aumentando un punto en la calificación, pasando de 7 a 8. Sin embargo, estos datos globales pueden camuflar el efecto de la metodología aplicada al diluir las notas donde se ha llevado a cabo la innovación docente con prácticas donde no ha habido un cambio en cuanto al desarrollo de la parte experimental. Por ello, adjuntamos en la parte derecha de la Figura 2 los datos relativos a las calificaciones obtenidas para las preguntas específicas donde sí ha habido un cambio de metodología docente. Dado que esta evaluación se ha producido utilizando un cuestionario tipo test (todos los estudiantes han sido calificados: el uso de Arduino no ha sido voluntario como ocurrió durante la aplicación del proyecto el curso pasado), las respuestas están clasificadas como correctas o incorrectas sin haber puntuaciones intermedias. Así podemos observar que, a pesar de que durante el curso 2023-2024 ha habido un mayor número de estudiantes matriculados, sus respuestas han mejorado casi un 5% con respecto al curso anterior. Podemos señalar que ha habido una mejora en la comprensión de las prácticas que se han implementado con Arduino dado que las preguntas en esos cuestionarios eran de cuestiones teóricas. Aunque la mejora ha sido bastante sutil utilizando los datos de calificaciones, podemos concluir que se han alcanzado los objetivos propuestos tanto para el apartado A) Creación de herramientas propias para la realización de prácticas en Física como para el apartado B) Mejorar la comprensión de los fundamentos teóricos de la Física que subyacen en los contenidos que se

imparten en las clases teóricas mediante el uso de Arduino como elemento multimedia. Es de destacar que para la consecución de los objetivos planteados en B) también se ha reforzado entre los estudiantes el tratamiento matemático de los datos experimentales mediante ajustes utilizando Excel. Aunque no hay una calificación sobre ello, en algunos casos este conocimiento no sólo se ha reforzado, sino que se ha adquirido como herramienta nueva, adquiriendo habilidades que les serán de utilidad en su etapa futura o incluso en otras asignaturas como Matemáticas. La evaluación objetiva de estos conocimientos se escapó del ámbito de ejecución de este proyecto de innovación docente.

De forma global podemos decir que los desplazamientos de las medianas de notas de los estudiantes hacia valores más altos, así como una mejora de un 5% en cuanto a las respuestas correctas en los test de evaluación, suponen un hecho que da validez a la consecución de los objetivos planteados en el apartado 1. *Objetivos propuestos*, habiéndose reforzado los conocimientos básicos teóricos de la Física de los estudiantes y habiéndoles ayudado a motivarse en el laboratorio de Física al utilizar elementos interactivos.

Al igual como ocurrió con el desarrollo del proyecto de innovación docente anterior, tenemos que volver a hacer en que la consecución de los objetivos no podría haber sido posible sin la construcción de ordenadores y su conectividad a internet, gracias a la materia prima cedida por Servicios Informáticos de la Universidad Complutense de Madrid, equipo con el que estamos enormemente agradecidos y para el que volvemos a usar estas líneas para su reconocimiento.

### **3. Metodología empleada en el proyecto**

El primer paso para poner en práctica el proyecto aquí expuesto fue la puesta a punto del material informático durante el segundo cuatrimestre del curso 2021-2022, y su uso como prueba de concepto con estudiantes del grado de Veterinaria durante el curso 2022-2023 (a través de la ejecución del Proyecto Innovación Docente N224). Con la instalación y la comprobación del funcionamiento de Arduino en los ordenadores, el trabajo que quedó para su uso para el curso 2023-2024 fue la adaptación del proyecto al laboratorio de Física para el grado en Ciencia y Tecnología de los Alimentos.

Para ello, tuvimos que crearles varios materiales para les sirvieran de apoyo así, como la redacción de un guion específico (un apéndice complementario para el guion original, que puede verse como ejemplo en el Anexo de esta memoria) para que pudiesen realizar el montaje de los sensores correspondientes, indicando paso a paso la realización del montaje, la conexión de los cables y la búsqueda y la carga del programa correspondiente. Además, se incluye también información para realizar un tratamiento de los datos experimentales, un pequeño tutorial sobre Excel para que el estudiante pueda ajustar los datos obtenidos en la práctica a una expresión matemática y deducir y extraer el resto de los parámetros involucrados, así como la tendencia de la magnitud estudiada. En paralelo, creamos también nuevo material audiovisual, un vídeo de 5 minutos de duración donde se les hizo una introducción a la plataforma, y se les explicaba el proceso de montaje y de medida. Además, contaron con una explicación en el propio laboratorio por parte de los miembros estudiantes de equipo de trabajo de este proyecto de innovación. Con esas explicaciones y las contenidas en el guion, los estudiantes pudieron construir sus sensores para las prácticas y analizar los datos obtenidos. Con la información procesada, pudieron completar las preguntas planteadas al final del guion de prácticas, claves para entender y profundizar sobre los conocimientos abordados experimentalmente y fundamentales para tener el cuaderno de laboratorio lo más completo posible. Estas preguntas teóricas se usaron de base escribir las preguntas de su evaluación continua tipo test, con las que hemos realizado el análisis comparativo con el curso inmediatamente anterior.

#### 4. Recursos humanos

Para poder llevar a cabo este Proyecto de Innovación Docente, se ha contado con el siguiente equipo:

- **Víctor G. Almendro Vedia:** Profesor Ayudante Doctor en el Área de Física de la Sección Departamental de Farmacia Galénica y Tecnología Alimentaria de la Facultad de Veterinaria (UCM). Actualmente es coordinador de la asignatura de Física para Ciencia y Tecnología de los Alimentos (1º Curso del grado en CyTA) desde el curso 2022-2023 y profesor de la misma desde el curso 2021-2022. Imparte además las materias de Física y Bioestadística para Veterinaria (1º Curso del grado de Veterinaria) y Veterinaria y Medio Ambiente (5º curso del grado de Veterinaria). Durante el curso 2022-2023, ha coordinado la implementación del uso de Arduino para las prácticas de Física para los alumnos de Física y Bioestadística de Veterinaria (1º curso). Ha publicado en revistas de alto impacto y de temática de innovación docente como *Journal of Chemical Education* [1], donde adapta materiales de uso común para acercar la investigación a jóvenes estudiantes. Es co-director de la tesis de Nuria Carrillo Godoy.

- **Belén Orgaz Martín:** Profesora Contratada Doctor en el Área de Tecnología de Alimentos de la Sección Departamental de Farmacia Galénica y Tecnología Alimentaria de la Facultad de Veterinaria (UCM). Ha sido coordinadora del 2º curso del grado en CyTA (desde el curso 2016-2017 hasta el 2021-2022). Coordinadora y docente de Química y Bioquímica de los Alimentos (QBA) desde el curso 2016-2017, asignatura que se imparte en el segundo semestre del 2º curso del grado en CyTA. En los últimos 5 años ha participado en cuatro proyectos de innovación docente y ha diseñado y coordinado un curso en línea masivo y abierto (MOOC) que se ha impartido durante cuatro ediciones consecutivas en la plataforma Miriadax (Sistemas coloidales: del laboratorio a la cocina). Sus aportaciones han ayudado enormemente al enfoque adecuado de las prácticas al área de Tecnología de Alimentos, contribuyendo a aumentar el interés de los alumnos del grado en CyTA por la asignatura.

- **Iván López Montero:** Profesor Titular en el Departamento de Química Física de la Facultad de Ciencias Químicas (UCM). Licenciado en Ciencias Físicas. Profesor de la asignatura de Química Física I y Laboratorio Integrado de Química para Bioquímicos (1º Curso). Premiado con varios proyectos de investigación a nivel nacional y europeo (ERC Starting Grant y ERC Synergy) aporta a la escritura de los guiones contribuyendo en la descripción del fundamento teórico de las mismas, ya que posee los conocimientos adecuados en el área de Física. Es co-director de la tesis de Nuria Carrillo-Godoy y está involucrado en las publicaciones de Víctor G. Almendro-Vedia relacionadas con Docencia y el uso de Arduino [1].

- **Nuria Carrillo Godoy:** Estudiante de Doctorado del programa de Química Avanzada (primer año). Sus conocimientos en programación y su capacidad para divulgar ciencia (ganadora del IV Certamen Brain Wars 2021 de la RSEQ-STM) la convierten en una candidata óptima para explicar el uso de Arduino a los estudiantes de primer curso a través de recursos multimedia, así como acompañándolos y dando apoyo al principio de las prácticas. Es doctoranda de Iván López Montero y de Víctor G. Almendro Vedia, miembros del equipo del proyecto de innovación docente.

[1] Almendro-Vedia, VG et al., *Journal of Chemical Education*, 2017, 94(5):644-649.

## 5. Desarrollo de las actividades

Las clases del área de Física impartidas en el primer curso del grado de Ciencia y Tecnología de los Alimentos se extienden a lo largo de todo el primer cuatrimestre a través de la asignatura Física. La idea de combinar las actividades prácticas propuestas en este proyecto de innovación junto con las clases teóricas para el curso 2023-2024 tuvo que realizarse durante los meses de septiembre a octubre de 2023, durante las semanas 2 a 7 del curso.

### CRONOGRAMA GENERAL DE ACTIVIDADES



**Figura 3:** Organigrama de tiempos y actividades realizadas por el equipo.

Sin embargo, el periodo de aplicación de este proyecto de innovación docente aquí expuesto no sólo comprendió esas semanas (trabajo del estudiante con Arduino), sino que tanto anteriormente (fase de preparación) como posteriormente (fase de evaluación y retroalimentación) hubo que dedicar tiempo a la preparación y evaluación del proyecto de innovación docente aquí expuesto. Todas las actividades que se realizaron se encuentran detalladas en el cronograma de la Figura 3, y se pueden dividir en dos bloques diferenciados:

I) **Primera fase** (coordinada por Víctor G. Almendro Vedia [VGAV]): Preparación. Esta fase se dividió a su vez en dos bloques: I.1.- Preparación de ordenadores y I.2.- Preparación de materiales para los estudiantes.

Durante la subfase I.1. pusimos a punto los materiales adquiridos durante el curso pasado 2022-2023. Gracias a Recursos Informáticos de la UCM pudimos adquirir 8 equipos de los cuales 2 se pusieron a punto durante la experiencia en Veterinaria y fueron testados con el uso de Arduino. Aquí, durante el mes de julio (una vez finalizadas las clases) se pusieron a punto el resto de equipos disponibles, instalando el software de Arduino (aplicación Arduino IDE) y programas o drivers necesarios. En esta subfase

instalamos internet también en el resto de equipos del laboratorio. Este acceso permitió a los alumnos adquirir y descargar código abierto para hacer funcionar los sensores de los aparatos que construyan. Esta subfase I.1. fue llevada a cabo por VGAV. De forma paralela, en julio, también se desarrolló la subfase I.2. Iván López Montero [ILM] y Belén Orgaz Martín [BOM] se encargaron de redactar / adaptar los guiones de prácticas para incluir el uso de Arduino. Para no distorsionar la versión original de los guiones, este material se incluyó como Anexo (o material complementario aparte) conteniendo además material adicional para profundizar en las prácticas (por ejemplo, tutorial de uso de Excel para ajuste de datos experimentales). Además, se incluyó un apartado de “FAQ: Problemas más frecuentes / Resoluciones de fallos más frecuentes” para facilitar el uso de Arduino a los estudiantes. Después de realizar varios años estas prácticas hemos identificado partes en las que al alumnado les cuesta más seguirlas, así como dificultades o errores a la hora de seguir el experimento (por ejemplo, a la hora de conectar cables, no se fijan bien en dónde tienen que ir y para evitarlo hemos tapado con cinta aislante roja todos aquellos puertos de la placa de Arduino que no se van a usar, ayudando así a que cometan el menor número posible de fallos). Como parte de la subfase I.2. de creación de material para el estudiante, durante el mes de agosto la doctoranda Nuria Carrillo Godoy [NCG] creó material multimedia adicional para ayudar a los estudiantes en el uso de Arduino (una pequeña presentación locutada).

II) **Segunda fase** (coordinada por VGAV y BOM). Aplicación y evaluación. En esta fase los estudiantes empezaron a utilizar Arduino en las prácticas, se evaluaron y nos dieron retroalimentación para mejorar la metodología en los cursos venideros. Esta segunda fase se pudo dividir en dos subfases: II.1.- Estudiantes usando Arduino y II.2.- Evaluación y perspectivas futuras.

En la subfase II.1.- pudimos a su vez identificar dos etapas consecutivas: una primera etapa al principio de septiembre donde NCG con apoyo de BOM hicieron una introducción a los estudiantes sobre Arduino el primer día de prácticas y la etapa de prácticas con Arduino, durante los meses de septiembre y octubre y llevada a cabo por VGAV durante ambos meses (siendo profesor de prácticas de los estudiantes) y NCG y BOM apoyando en el laboratorio durante los meses de septiembre y octubre. En paralelo, durante las clases teóricas, se irán explicando conceptos para que los estudiantes tengan los conocimientos adecuados durante la realización de las prácticas.

Una vez finalizadas las prácticas, comenzó la subfase II.2: evaluación y retroalimentación. Tras acabar las prácticas, se sometió a los alumnos a un examen de evaluación (tipo test) para obtener un dato numérico objetivo de los conocimientos adquiridos. Aunque inicialmente se consideró la opción de obtener un “feedback” a través de un formulario, la retroalimentación se realizó durante la misma sesión de prácticas, a través del seguimiento de los alumnos, pudiendo detectar sus fallos más comunes y aspectos de las prácticas a mejorar. El desarrollo de esta etapa fue responsabilidad de VGAV.

Para finalizar la experiencia de esta propuesta de Innovación Docente, durante el mes de diciembre ILM recogió y procesó toda la información de relativa a calificaciones, plasmada finalmente en esta memoria.

## **6. Anexos**

Como Anexo en este apartado incluimos un ejemplo de guion de prácticas para la realización de una práctica sobre dinámica de fluidos (Efecto Venturi). Este guion complementa al guion experimental y está centrado en cómo utilizar Arduino en esta práctica. Incluye tanto su propio montaje como un tutorial para Excel para realizar al final el ajuste de datos experimentales extraídos con Arduino.

*Nota: Para ayudar a reutilizar el manual, conservamos el mismo formato y paginación que el utilizado durante el desarrollo de las prácticas, sin alterar su estructura.*

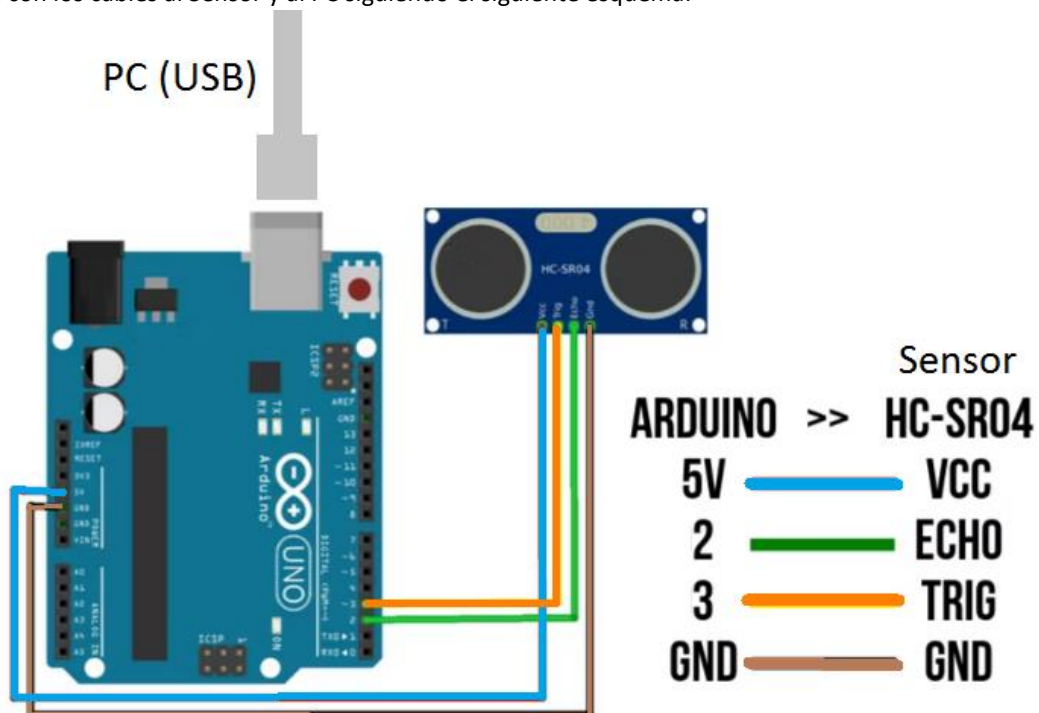
## PRÁCTICA: EFECTO VENTURI

# ANEXO: UTILIZACIÓN DE **ARDUINO** PARA CALCULAR EL **FLUJO** DEL SISTEMA

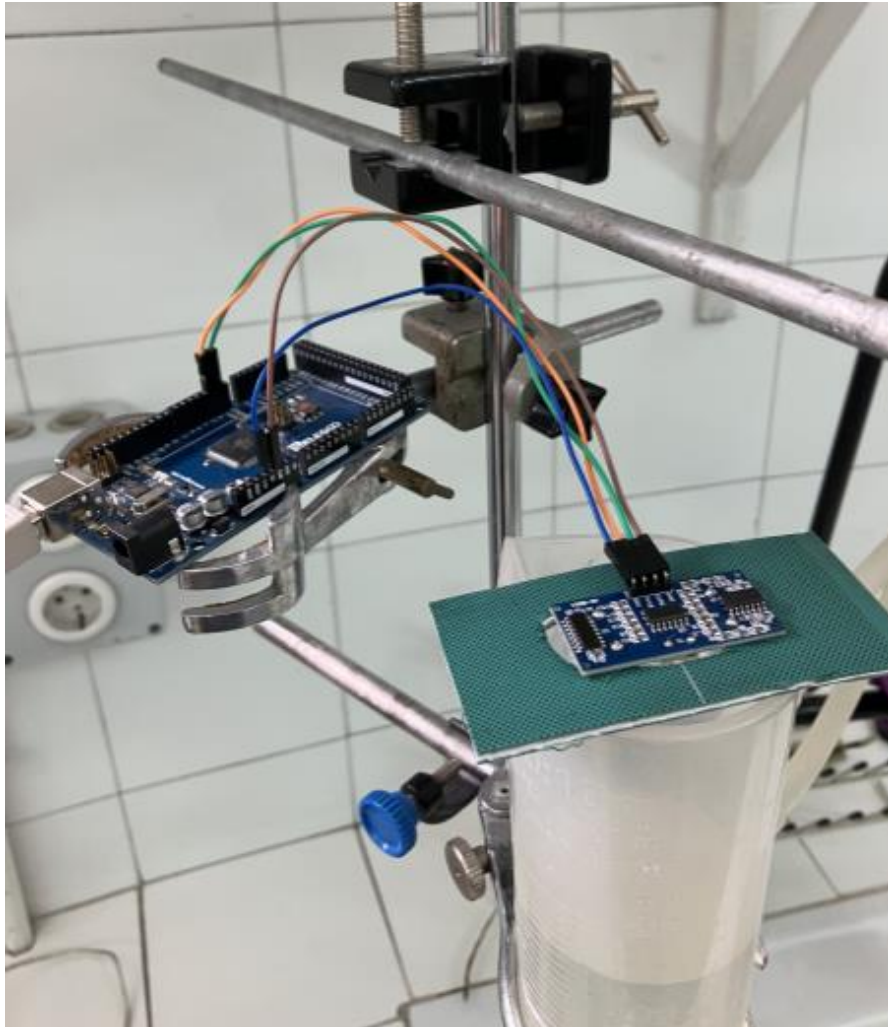
Arduino es una placa controladora que nos permite manejar sensores que conectemos en ella. Para poder manejarla y conseguir extraer datos de utilidad, es necesario conectar el sensor a la placa Arduino de una forma correcta y además conectar la placa Arduino al ordenador, a través del cual enviaremos un código (instrucciones) para hacer funcionar el sensor conectado de la forma correcta. En este Anexo, vamos a utilizar la placa Arduino y el sensor de distancia HC-SR04 para medir la distancia de un frente de agua en función del tiempo y calcular el caudal del sistema (el volumen que pierde el sistema de agua en 1 segundo). Una vez obtengamos el caudal (Q), podremos continuar con la práctica utilizando el guion "Práctica 2: EFECTO VENTURI".

Los pasos para la utilización de Arduino en este anexo son los siguientes:

0. Sacaremos la placa Arduino y los cables necesarios de un maletín/caja situado en la balda que está encima de la probeta. Ahí tendremos todo el material necesario para este Anexo. Debemos conectar la placa con los cables al Sensor y al PC siguiendo el siguiente esquema:

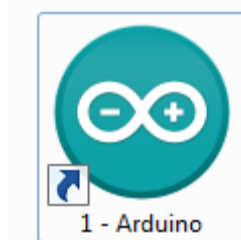


1. Llenaremos la probeta hasta 800 mL (cerrando la pinza blanca del extremo, para que no se pierda el agua) y colocaremos la placa y el sensor como se indica en la foto. Nota: NO APRETAR LA PINZA QUE SUJETA LA PLACA, ARDUINO PODRÍA ROMPERSE. Para colocar el sensor en la parte superior de la probeta utilizaremos una lámina perforada que encontraréis en el maletín. Además, fijaremos un caudal con la abrazadera metálica en el extremo final del tubo (fijar un caudal significa colocar la abrazadera metálica y constreñir el tubo un poco).



Ahora tendremos que cargar las instrucciones/código en la placa. Para ello:

2. Abriremos el programa Arduino (en el escritorio o en acceso directo en esta misma carpeta)



3. Al abrir el programa nos saldrá una pantalla con texto. Borraremos todo ese texto (es una plantilla para escribir código de instrucciones) y pegaremos las instrucciones / código siguiente:

```
#define echoPin 2 // attach pin D2 Arduino to pin Echo of HC-SR04

#define trigPin 3 //attach pin D3 Arduino to pin Trig of HC-SR04

// defines variables

long duration; // variable for the duration of sound wave travel

int distance; // variable for the distance measurement

void setup() {

  pinMode(trigPin, OUTPUT); // Sets the trigPin as an OUTPUT

  pinMode(echoPin, INPUT); // Sets the echoPin as an INPUT

  Serial.begin(9600); // // Serial Communication is starting with 9600 of baudrate speed

  Serial.println("Ultrasonic Sensor HC-SR04 Test"); // print some text in Serial Monitor

  Serial.println("with Arduino UNO R3");

}

void loop() {

  // Clears the trigPin condition

  digitalWrite(trigPin, LOW);

  delayMicroseconds(2);

  // Sets the trigPin HIGH (ACTIVE) for 10 microseconds

  digitalWrite(trigPin, HIGH);

  delayMicroseconds(10);

  digitalWrite(trigPin, LOW);

  // Reads the echoPin, returns the sound wave travel time in microseconds

  duration = pulseIn(echoPin, HIGH);

  // Calculating the distance

  distance = duration * 0.034 / 2; // Speed of sound wave divided by 2 (go and back)

  // Displays the distance on the Serial Monitor

  Serial.print("Distance: ");

  Serial.print(distance); // Speed restar altura base a cero

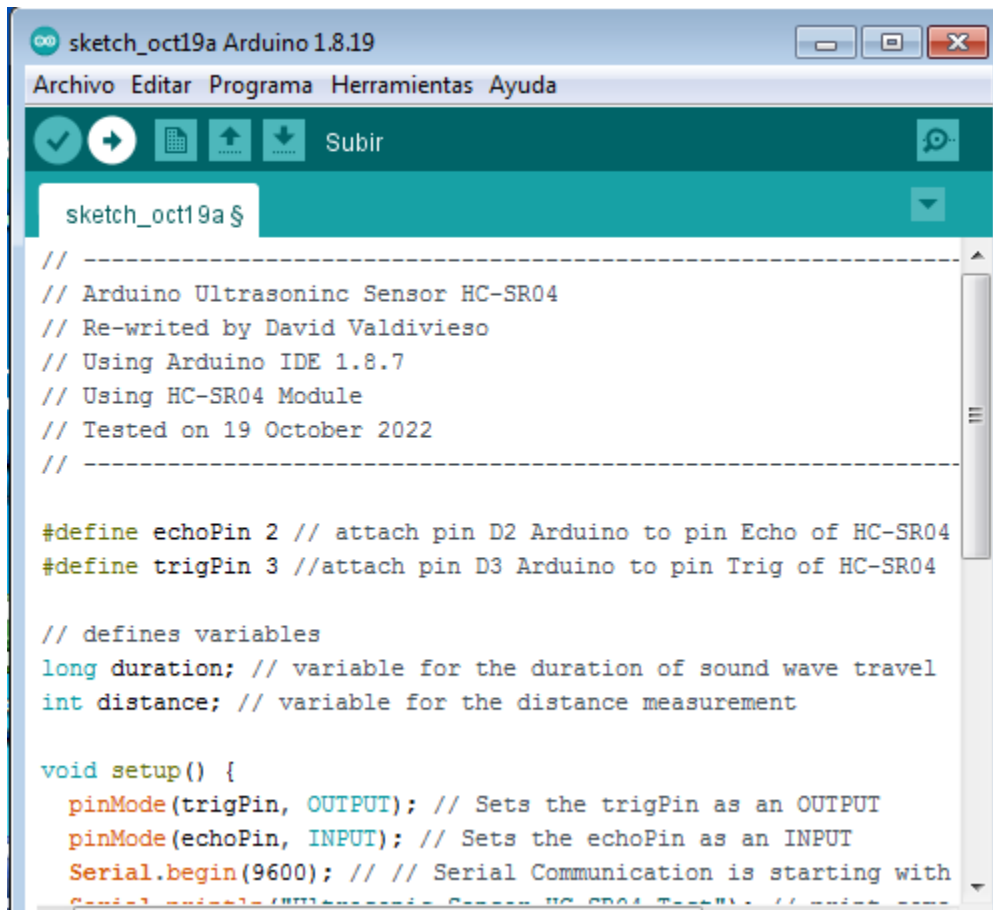
  Serial.println(" cm");

  delay (500); // regular

}
```

*(Código extraído de <https://docs.arduino.cc/built-in-examples/sensors/Ping/>)*

4. Ya podemos enviar las instrucciones a la placa Arduino. Para ello, en esa misma pantalla del programa daremos al botón de la flecha hacia la derecha (→): Nos aparecerá una pantalla para guardar este programa: LE DAMOS A CANCELAR, y el programa (aunque no se guarda) se compilará (aparecerá una barra verde abajo cargándose) y se enviará a la placa Arduino para que el sensor de distancia funcione.



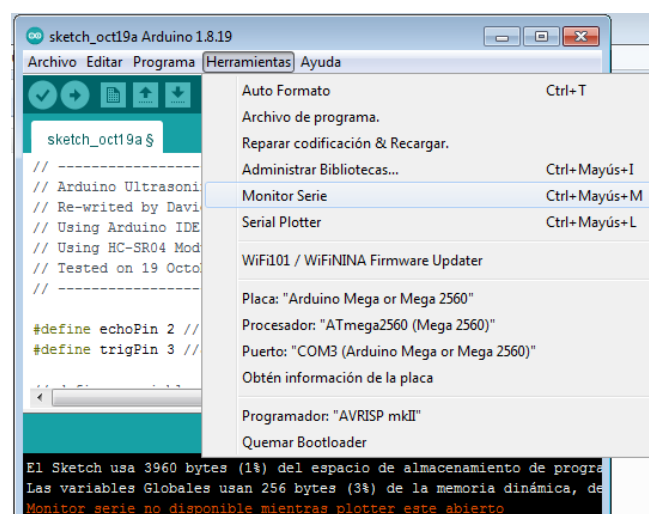
```
sketch_oct19a Arduino 1.8.19
Archivo Editar Programa Herramientas Ayuda
Subir
sketch_oct19a $
// -----
// Arduino Ultrasoninc Sensor HC-SR04
// Re-written by David Valdivieso
// Using Arduino IDE 1.8.7
// Using HC-SR04 Module
// Tested on 19 October 2022
// -----

#define echoPin 2 // attach pin D2 Arduino to pin Echo of HC-SR04
#define trigPin 3 //attach pin D3 Arduino to pin Trig of HC-SR04

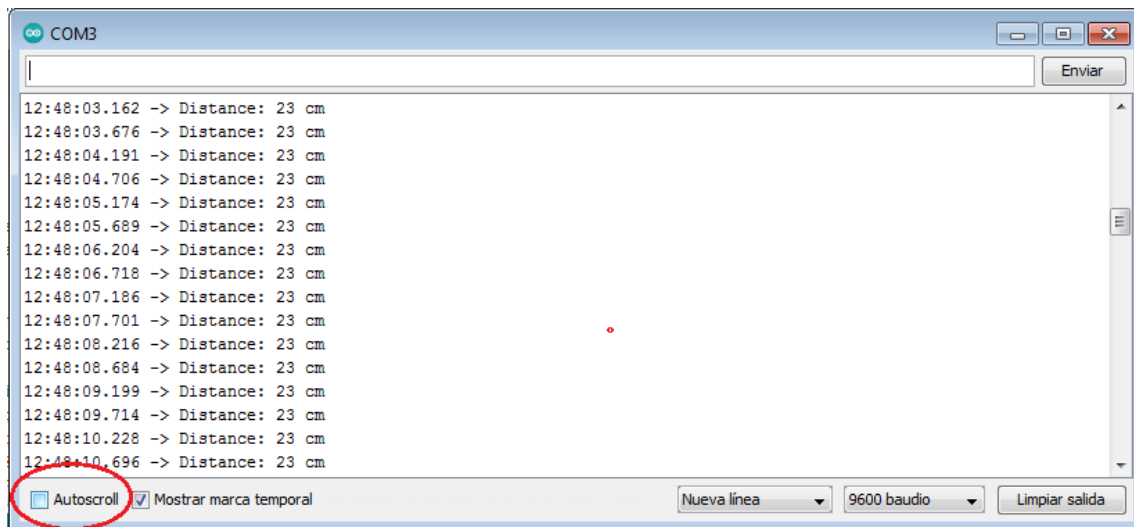
// defines variables
long duration; // variable for the duration of sound wave travel
int distance; // variable for the distance measurement

void setup() {
  pinMode(trigPin, OUTPUT); // Sets the trigPin as an OUTPUT
  pinMode(echoPin, INPUT); // Sets the echoPin as an INPUT
  Serial.begin(9600); // // Serial Communication is starting with
  Serial.println("Ultrasonic Sensor HC-SR04 Test"); // print out
```

5. Ahora, ya podemos abrir nuestro circuito de agua (abriendo la pinza blanca) y podemos empezar a recoger datos de distancia de nuestro sistema. Para recoger esos datos con el sistema ya perdiendo agua tendremos que ir a la pestaña Herramientas → Monitor Serie

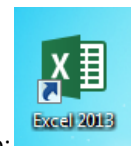
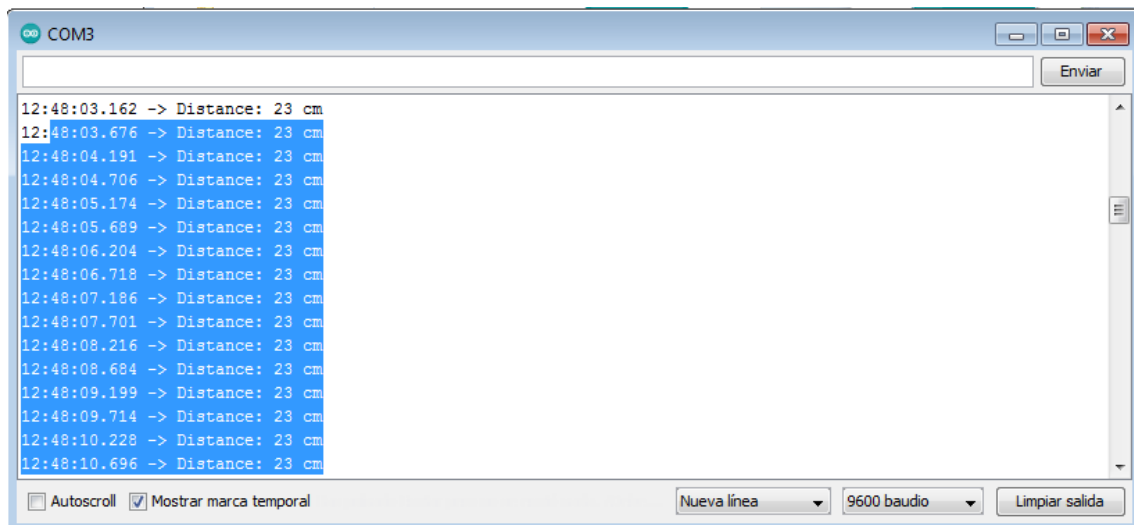



Dándole a Monitor Serie, se nos abrirá una nueva ventana, donde aparecerá el valor de altura captado por el sensor cada 0.5 segundos.



Cuando hayan pasado 10-20 segundos (aprox, podéis contarlos con la voz, si necesidad de cronometrar) de agua fluyendo por el sistema, podemos parar la toma de datos. Para parar la toma de datos, desactivaremos la casilla de Autoscroll. Ahora, podremos recoger esos datos y llevarlos a Excel para trabajar con ellos.

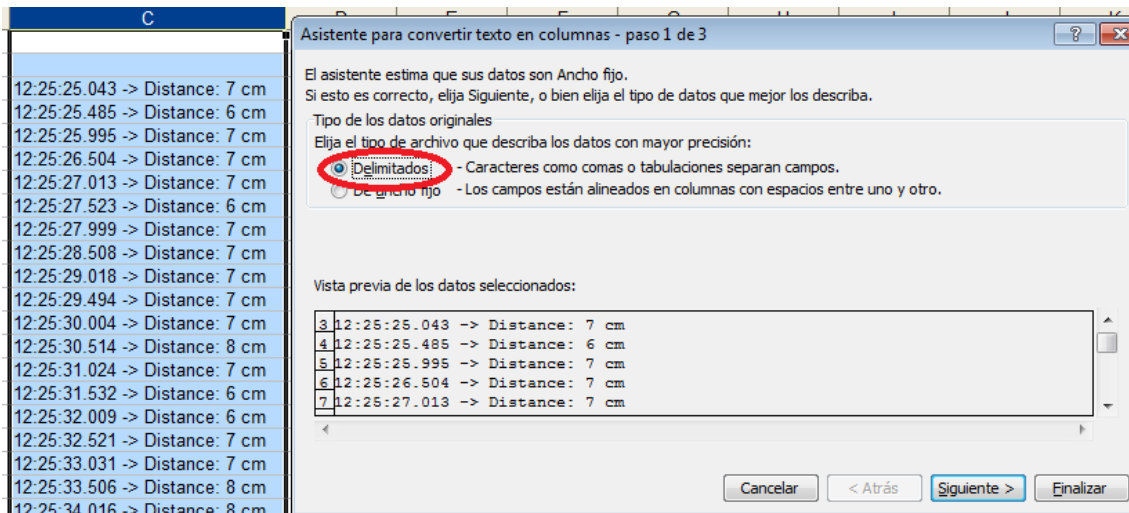
6. Para recoger los datos, barreremos y los copiaremos:



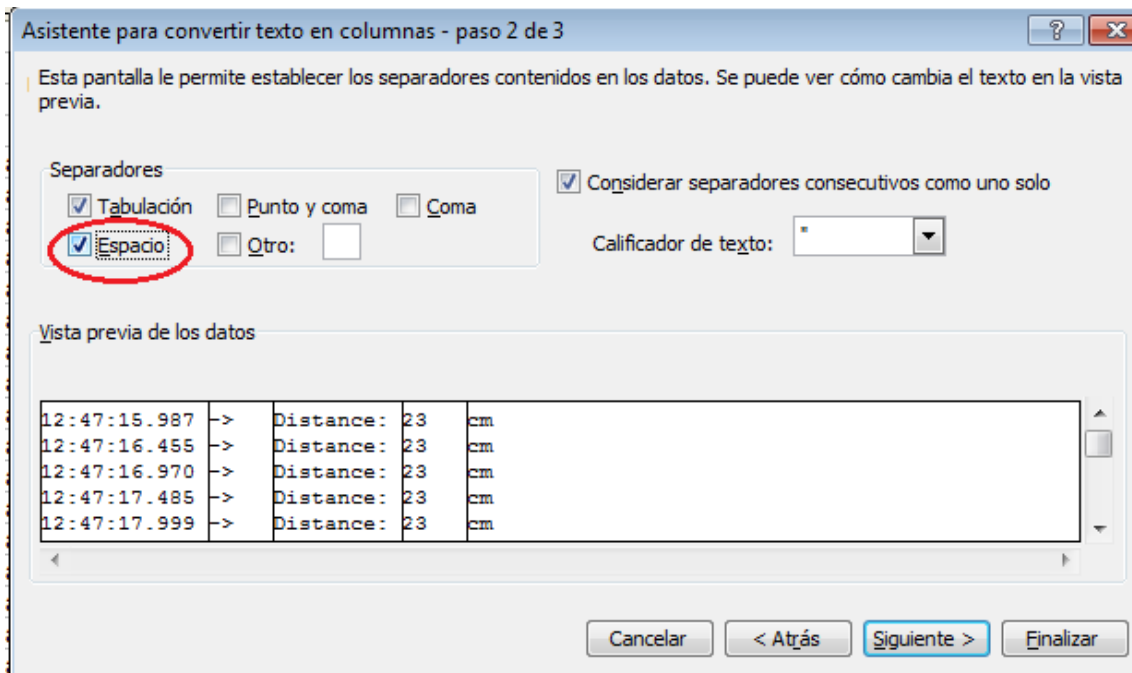
Después, abriremos Excel utilizando el acceso directo que encontraréis en el escritorio:  y pegaremos allí los datos obtenidos.

Como los datos no sólo contienen números sino que también contienen palabras, tendremos que transformar los datos para que los números del valor de distancia queden aislados en una columna independiente.

Para ello, seleccionaremos la columna que contiene los datos (*click* en el encabezado de la columna, normalmente etiquetado con una letra: A, B, C ...) y daremos a la pestaña Datos → Texto en Columnas.



Ahí seleccionaremos “Delimitados”, después “Siguiente” y en la siguiente ventana marcaremos la casilla “Espacio”. Después, daremos al botón “Finalizar”.



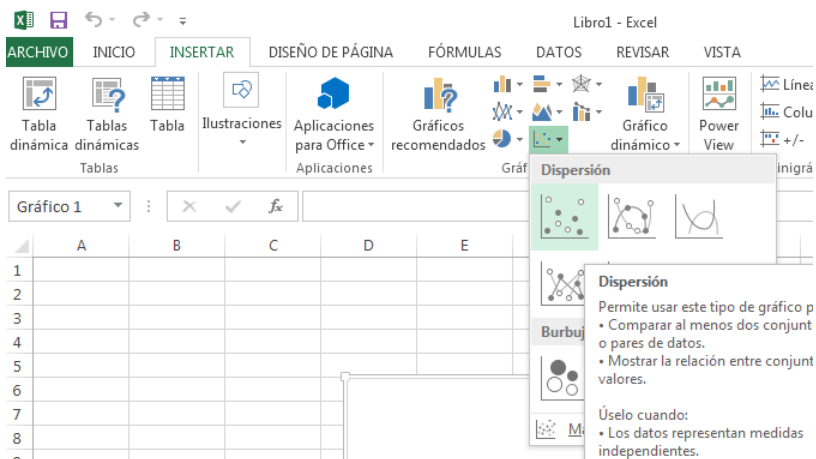
Con esto conseguiremos que los datos numéricos aparezcan en una columna separados del resto de palabras. Esa columna serán los datos de DISTANCIA y corresponderán con la Y que representaremos más adelante.

Si al barrer (en el paso 6) hemos cogido todas las líneas del programa, la primera línea el Excel vendrá con palabras como “Ultrasonic Sensor with Arduino”. Podemos borrar todas esas filas que no contengan el número de la distancia (no son importantes).

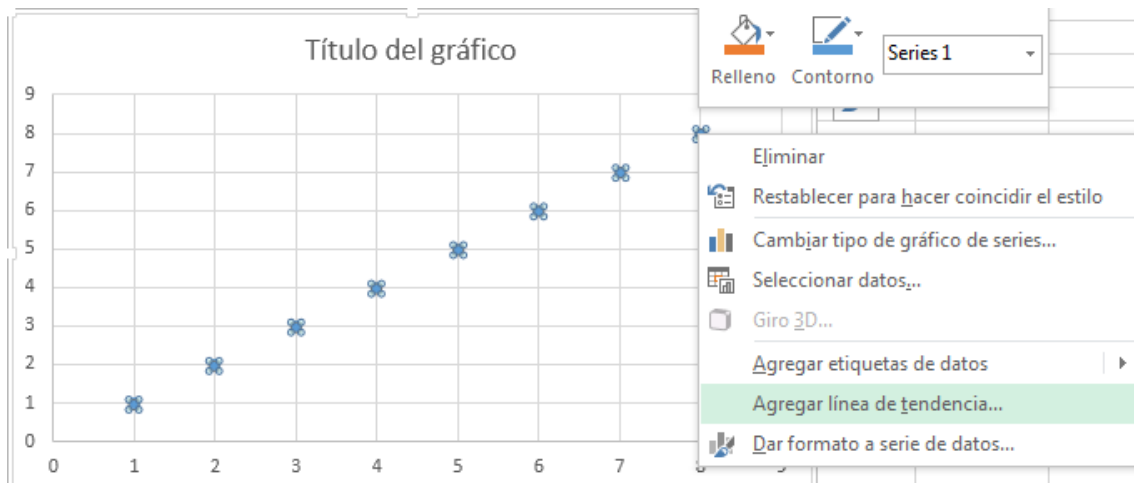
7. Ahora nos falta añadir la X para hacer una representación de POSICIÓN frente a TIEMPO. La columna de tiempo, sabiendo que cada dato está separado 0.5 segundos, tendremos que crearla como se muestra en la figura siguiente (en una columna más a la izquierda que la columna de posición):

C	D	E	F	G	H
0,5	12:47:15.987	->	Distance:	23	cm
1	12:47:16.455	->	Distance:	23	cm
1,5	12:47:16.970	->	Distance:	23	cm
	12:47:17.485	->	Distance:	23	cm
	12:47:17.999	->	Distance:	23	cm
	12:47:18.467	->	Distance:	23	cm
	12:47:18.982	->	Distance:	23	cm
	12:47:19.497	->	Distance:	23	cm
	12:47:20.012	->	Distance:	23	cm
	12:47:20.480	->	Distance:	23	cm
	12:47:20.995	->	Distance:	23	cm
	12:47:21.509	->	Distance:	23	cm
	12:47:22.024	->	Distance:	23	cm
	12:47:22.492	->	Distance:	23	cm
	12:47:23.007	->	Distance:	23	cm
	12:47:23.522	->	Distance:	23	cm
	12:47:23.990	->	Distance:	23	cm
	12:47:24.505	->	Distance:	23	cm
	12:47:25.019	->	Distance:	23	cm
	12:47:25.534	->	Distance:	23	cm
	12:47:26.002	->	Distance:	23	cm
	12:47:26.517	->	Distance:	23	cm
	12:47:27.032	->	Distance:	23	cm
	12:47:27.500	->	Distance:	23	cm
	12:47:28.015	->	Distance:	23	cm
	12:47:28.529	->	Distance:	23	cm
	12:47:29.044	->	Distance:	23	cm
	12:47:29.512	->	Distance:	23	cm
	12:47:30.027	->	Distance:	23	cm
	12:47:30.542	->	Distance:	23	cm
	12:47:31.057	->	Distance:	23	cm

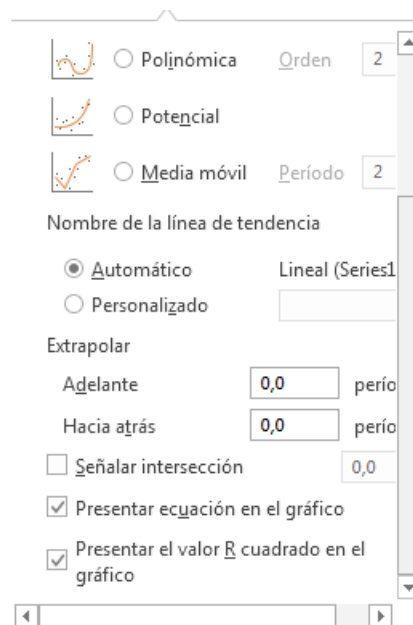
Una vez tengamos todos los datos de tiempo para cada distancia, podremos hacer la representación. Para ello, pincharemos en el encabezado de las columnas de tiempo y posición (manteniendo presionada la tecla CONTROL, para que se seleccionen las 2) y después: Pestaña Insertar → Gráfico → Dispersión



Eso hará que salga una ventana donde se representen vuestros puntos. Como queremos hacer un ajuste lineal, pincharemos en cualquier punto de la gráfica CLICK DERECHO → Agregar línea de tendencia:



Ahí saldrá una nueva pantalla y en ella seleccionaremos el tipo de ajuste (LINEAL) y además marcaremos las casillas de “Presentar ecuación en el gráfico” y “Presentar el valor R cuadrado en el gráfico”.



Eso añadirá la ecuación y R<sup>2</sup> en la gráfica (anotad ambas).

8. La ecuación nos dirá lo siguiente:  $Y = \text{pendiente} \cdot X + \text{ordenada en origen}$ , es decir:  $\text{POSICIÓN} = \text{pendiente} \cdot \text{TIEMPO} + \text{ordenada en el origen}$ .

Podremos hallar la VELOCIDAD de nuestro frente de agua de la siguiente manera (eligiendo un intervalo de 2 segundos, por ejemplo nos fijamos en el intervalo que va del segundo 4 al segundo 6) y resolviendo la división:

$$\text{Velocidad de agua en probeta} = \frac{[\text{Posición (tiempo = 6 segundos)} - \text{Posición (tiempo = 4 segundos)}]}{2 \text{ segundos}}$$

9. Como sabemos que la ecuación para el caudal es  $Q = \text{Área} \times \text{Velocidad}$

Si obtenemos el Área de nuestro frente de agua (es decir, midiendo el con el calibre el diámetro interior de la probeta, que está alrededor de 6 cm, y aplicando la fórmula del área para un círculo:  $\pi \cdot r^2$ ) podemos sustituir en la fórmula y obtener el caudal Q de nuestro sistema.

**10. A partir de aquí, con Q ya calculado, podemos seguir el guion para la práctica PRÁCTICA 2: EFECTO VENTURI obviando las partes relativas al uso del sensor de distancia y pudiendo utilizar la Q en las ecuaciones que vienen en el texto.**

## INFORMACIÓN ADICIONAL: RESOLUCIÓN DE PROBLEMAS DE FUNCIONAMIENTO

- Problema: Pongo Arduino para que recoja la distancia y me está marcando todo el rato 0 cm. Solución: Comprobar que los cables están conectados correctamente en las posiciones que corresponden y además que están bien encajados haciendo contacto (sin forzar).
- Problema: El agua de la probeta no fluye. Solución: Comprobar haber llevado el agua de la probeta a 800 mL y comprobad que la abrazadera blanca está abierta.



**Figura S1:** *Instalación de ordenadores en el Laboratorio de Física de la Facultad de Veterinaria.*