



UNIVERSITAT  
POLITÈCNICA  
DE VALÈNCIA



UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA

Escuela Técnica Superior de Ingeniería del Diseño

ANÁLISIS DE CIRCUITOS RC, RL, RLC SERIE  
MEDIANTE EL USO DE SMARTPHONES Y ESTUDIO DE  
SU VIABILIDAD PARA USO DOCENTE

Trabajo Fin de Grado

Grado en Ingeniería Electrónica Industrial y Automática

AUTOR/A: Sandía Paredes, Carlos

Tutor/a: Castro Palacio, Juan Carlos

Cotutor/a: Muñoz Pérez, Francisco Misael

CURSO ACADÉMICO: 2023/2024



UNIVERSIDAD  
POLITECNICA  
DE VALENCIA



ETSI Aeroespacial y Diseño Industrial

UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA

Escuela Técnica Superior de Ingeniería Aeroespacial y  
Diseño Industrial

---

**ANÁLISIS DE CIRCUITOS RC, RL, RLC SERIE MEDIANTE  
EL USO DE SMARTPHONES Y ESTUDIO DE SU  
VIABILIDAD PARA USO DOCENTE.**

---

Trabajo Final de Grado  
Grado en Ingeniería Electrónica Industrial y Automática

AUTOR:

Sandia Paredes, Carlos

TUTORES:

Castro Palacio, Juan Carlos

Muñoz Pérez, Francisco Misael

CURSO ACADÉMICO: 2023/2024



## Resumen

En presente trabajo fin de grado, plantea la implementación y valoración del uso de teléfonos inteligentes como herramientas útiles que faciliten el aprendizaje de los conceptos básicos de la electricidad y la electrónica, así como el análisis de las características de los circuitos a estudio, incrementando la motivación del alumnado por la ciencia y la tecnología al emplear elementos cotidianos que emplean de forma recurrente en su día a día.

Se valorarán tres experiencias prácticas que usan los terminales móviles como generador de señales y osciloscopio para el análisis de varios circuitos serie RC, RL y RLC, para ponderar su adecuación en el uso en el ámbito de la docencia y la investigación.

Se utilizarán las aplicaciones móviles Physics Toolbox y Phyphox que permiten acceder a los sensores y generadores del dispositivo móvil, para generar y medir las señales eléctricas de diferentes formas y frecuencias. También se documenta el diseño e implementación de cada smartphone con el circuito a estudio.

Palabras clave: ciencia, motivación, móvil, Smartphone, RLC, RC, RL, circuito electrónico, análisis, docencia.



## Resum

En aquest treball final de grau, plateja la implementació i valoració de l'ús de telèfons intel·ligents com a eines útils que facilitin l'aprenentatge dels conceptes bàsics de l'electricitat i l'electrònica, així com l'anàlisi de les característiques dels circuits a estudi, incrementant la motivació de l'alumnat per la ciència i la tecnologia en emprar elements quotidians que empen de forma recurrent en el seu dia a dia.

Es valoraran tres experiències pràctiques que usen els terminals mòbils com a generador de senyals i oscil·loscopi per a l'anàlisi de diversos circuits sèrie RC, RL i RLC, per ponderar la seva adequació a l'ús en l'àmbit de la docència i la investigació.

S'utilitzaran les aplicacions mòbils Physics Toolbox i Phyphox que permeten accedir als sensors i generadors del dispositiu mòbil, per generar i mesurar els senyals elèctrics de diferents formes i freqüències. També es documenta el procediment per a la fabricació dels cables adaptadors necessaris per connectar cada telèfon intel·ligent amb el circuit a estudi.

Paraules clau: ciència, motivació, mòbil, smartphone, RLC, RC, RL, circuit electrònic, anàlisi, docència.



## Abstract

In this final degree project, it discusses the implementation and assessment of the use of smartphones as useful tools that facilitate the learning of the basic concepts of electricity and electronics, as well as the analysis of the characteristics of the circuits under study, increasing the motivation of students for science and technology by using everyday elements that they use recurrently in their daily lives.

Three practical experiences that use mobile terminals as a signal generator and oscilloscope for the analysis of various RC, RL and RLC series circuits will be evaluated, to assess their suitability for use in the field of teaching and research.

The Physics Toolbox and Phyphox mobile applications will be used, which allow access to the sensors and generators of the mobile device, to generate and measure electrical signals of different shapes and frequencies. The procedure for manufacturing the adapter cables necessary to connect each smartphone with the circuit under study is also documented.

Keywords: science, motivation, mobile, smartphone, RLC, RC, RL, electronic circuit, analysis, teaching.



## Índice

1. Memoria.....	9
1.1 Objeto.....	9
1.2 Motivación .....	9
1.3 Estudio de necesidades, factores a considerar: limitaciones y condicionantes.....	10
1.4 Planteamiento de soluciones alternativas y justificación de la solución adoptada.....	13
1.4.1 Opción 1 .....	13
1.4.2 Opción 2 .....	14
1.4.3 Opción 3 .....	14
1.4.4 Solución adoptada .....	15
1.5 Descripción detallada de la solución adoptada.....	16
1.5.1 Elementos requeridos.....	16
1.5.2 Montajes propuestos .....	17
1.5.3 Metodología.....	17
1.6 Elementos o componentes de la solución adoptada .....	18
1.6.1 Terminales móviles.....	18
1.6.2 Cable adaptador .....	20
1.6.3 Componentes eléctricos y electrónicos .....	23
1.7 Parte experimental y cálculo .....	24
1.7.1 Experimento 1.....	24
1.7.3 Experimento 2.....	29
1.7.4 Experimento 3.....	33
1.8 Conclusiones de la fase experimental .....	38
2. Esquemas de conexión.....	39
Esquema 1: Cable adaptador generador .....	39
Esquema 2: Cable adaptador osciloscopio .....	40
Esquema 3: Circuito RC.....	41
Esquema 4: Circuito RL .....	42
Esquema 5: Circuito RLC.....	43



3. Pliego de condiciones .....	44
3.1 Objeto.....	44
3.2 Normativa.....	44
3.3 Condiciones de los materiales .....	45
3.3.1 Componentes electrónicos .....	45
3.3.2 Cableado y elementos de montaje .....	51
3.3.3 Herramienta y material complementario .....	54
3.3.4 Terminales móviles.....	57
3.3.5 Software .....	58
4. Condiciones de la ejecución .....	69
4.1 Adquisición de los materiales necesarios.....	69
4.2 Fabricación del cable adaptador .....	69
4.3 Seguridad en la ejecución .....	70
5. Pruebas y ajustes finales o de servicio .....	72
6. Presupuesto.....	73
Anexo 1 - Referencias y bibliografía .....	75
Anexo 2 - Guía detallada archivos Phyphox.....	78
A.2.1 Estructura .....	78
A.2.2 Bloque: Phyphox.....	78
Etiqueta: Título .....	79
Etiqueta: Título-estado.....	79
Etiqueta: categoría.....	79
Etiqueta: icono .....	79
Etiqueta: formato .....	79
Etiqueta: color.....	79
Etiqueta: descripción .....	80
Etiqueta: enlace .....	80
A.2.3 Bloque: traducciones .....	80
Etiqueta: lugar .....	81
Etiqueta: título.....	81
Etiqueta: categoría.....	81
Etiqueta: descripción .....	81



Etiqueta: enlace .....	81
Etiqueta: cadena.....	81
Etiqueta: original .....	82
A.2.4 Bloque: contenedores de datos .....	82
Etiqueta: contenedor.....	82
tipo.....	82
tamaño.....	82
estático .....	83
init.....	83
A.2.5 Bloque: entrada.....	83
Módulo de entrada: audio .....	83
Módulo de entrada: bluetooth .....	84
Módulo de entrada: profundidad.....	84
Módulo de entrada: ubicación.....	85
Módulo de entrada: sensor o .....	87
A.2.6 Bloque: salida .....	92
Módulo de salida: audio.....	92
Módulo de salida: bluetooth.....	93
A.2.6 Bloque k: análisis .....	93
Módulos de análisis en general. ....	95
A.2.5 Bloque: vistas.....	98
Bloquear: ver .....	98
Elemento de vista: información.....	98
Elemento de vista: separador .....	99
Elemento de vista: valor .....	100
Elemento de vista: gráfico .....	101
Elemento de vista: editar .....	108
Elemento de vista: botón .....	109
Elemento de vista: profundidad-gui .....	109
A.2.6 Bloque: exportar.....	109
A.2.7 Bloque: conjunto .....	110
Etiqueta: datos.....	110



---

A.2.8 Bloque: red .....	110
A.2.9 Bloque: eventos .....	110
Anexo 3 - Guía del Editor de experimentos Phyphox .....	111
A.3.1 Descripción general .....	111
A.3.2 Guardar carga.....	112
A.3.2 Pestaña principal (Main) .....	113
A.3.3 Pestaña Entrada/Salida (Input/Output) .....	114
A.3.3 Pestaña Vistas (Views) .....	115
A.3.3 Pestaña de análisis (Analysis) .....	116
A.3.4 Pestaña exportar (Export).....	118
A.3.5 Pestaña XML .....	118
Anexo 4 - Guía detallada Physics Toolbox .....	119
<i>fuentes:</i> <a href="https://www.vieyrasoftware.net/">https://www.vieyrasoftware.net/</a> .....	119
A.4.1 Sensores y Generadores .....	119
A.4.1.1 Fuerza G (Sensor Inercial) .....	119
A.4.1.2 Acelerómetro Lineal (Sensor Inercial + Manipulación de Datos).....	120
A.4.1.3 Giroscopio (Sensor Inercial).....	121
A.4.1.4 Barómetro.....	122
A.4.1.5 Montaña Rusa (Sensor Combinado).....	122
A.4.1.6 Higrómetro (Sensor de Unidad Ambiental Integrado).....	123
A.4.1.7 Fuerza G (Sensor Inercial) .....	123
A.4.1.8 Acelerómetro Lineal (Sensor Inercial + Manipulación de Datos).....	124
A.4.1.9 Giroscopio (Sensor Inercial).....	125
A.4.1.10 Barómetro.....	126
A.4.1.11 Montaña Rusa (Sensor Combinado).....	127
A.4.1.12 Higrómetro (Sensor de Unidad Ambiental Integrado).....	127
A.4.1.13 Termómetro (Sensor de Unidad Ambiental Integrado)...	128
.....	128
A.4.1.14 Proxímetro.....	128
A.4.1.15 Regla .....	129
A.4.1.16 Magnetómetro .....	129

---

A.4.1.17 Brújula (Sensor Combinado).....	130
A.4.1.18 GPS.....	130
A.4.1.19 Clinómetro (Sensor Inercial).....	131
A.4.1.20 Medidor de Luz.....	132
A.4.1.21 Detector de Colores .....	132
A.4.1.22 Medidor de Sonido (Micrófono) .....	133
A.4.1.23 Detector de Tono (Micrófono + Manipulación de Datos) 133	
A.4.1.24 Osciloscopio (Micrófono + Manipulación de Datos).....	134
A.4.1.25 Analizador de Espectro (Micrófono + Manipulación de Datos) .....	134
A.4.2 Configuraciones .....	135
A.4.2.1 Eje mostrado .....	135
A.4.2.2 Visualización de datos.....	135
A.4.2.3 Gráficos mostrados .....	135
A.4.2.4 Filtro de datos.....	136
A.4.2.5 Fuente de marca de tiempo CSV .....	137
A.4.2.6 Tasa de recolección de sensores.....	137
A.4.2.7 Ancho de línea .....	137
A.4.2.8 Mantenga la pantalla encendida.....	137
A.4.2.9 Alerta .....	138
A.4.2.10 Calibrar.....	138
Anexo 5 - Relación del Trabajo con los Objetivos de Desarrollo Sostenible de la Agenda 2030 .....	139
A.5.1 Tabla descripción grado de relación del trabajo con los objetivos de desarrollo sostenible (ODS).....	139
A.5.2 Descripción de la alineación del TFG con los ODS con un grado de relación más alto.....	140
ODS 4. Educación de calidad .....	140
ODS 10. Reducción de las desigualdades .....	140
ODS 11. Ciudades y comunidades sostenibles. ODS 12. Producción y consumo responsables.....	140

## 1. Memoria

### 1.1 Objeto

El objeto de este trabajo final de grado es diseñar, implementar y evaluar una serie de experimentos con circuitos en serie RC, RL y RLC utilizando teléfonos inteligentes como generadores de señal y osciloscopio. El método experimental se basará en el uso de las aplicaciones móviles *Physics Toolbox* y *Phyphox* que permiten acceder a los sensores y generadores del dispositivo móvil, para generar y medir señales eléctricas de diferentes formas y frecuencias, y la fabricación de los adaptadores de conexión entre el smartphone y el circuito de estudio. Estos experimentos tienen como finalidad aportar una herramienta útil que facilite el aprendizaje de los conceptos básicos de la electricidad y la electrónica, así como el análisis de las características de los circuitos a estudio.

### 1.2 Motivación

La cultura del teléfono móvil está absolutamente implantada en nuestro entorno social, y mucho más entre los más jóvenes. Ante esta situación, en la medida que podamos introducirlo en las aulas, siempre de forma controlada, nuestro estudiantado se sentirá mucho más cómodo, mejorando así su rendimiento, tanto en la universidad como en los institutos.

Un teléfono de gama media, tiene un elevado número de sensores incorporados. Como es el acelerómetro, que nos permite medir los cambios de velocidad, el luxómetro, que nos permite medir la luz ambiente para controlar el brillo de la pantalla, el sensor de orientación, de proximidad, de temperatura, de giro, de presión, de campo magnético, de sonido... Este último sensor, el de sonido, lo tienen todos los dispositivos móviles, desde gama baja a gama alta, ya que es simplemente el micrófono del móvil. ¿Qué ventajas tiene hacer las prácticas y demostraciones científicas con los sensores de los móviles? Una palabra, **MOTIVACIÓN**, motivación por la ciencia y la tecnología.

El alumnado puede ver las prácticas de laboratorio muy rutinarias y poco enriquecedoras, tratando de realizar las mínimas medidas exigidas por el profesorado lo antes posible para poder terminar la práctica a la mayor brevedad, de manera mecánica, y sin reflexión crítica alguna sobre el trabajo realizado. Introduciendo los smartphones en el laboratorio y en las demostraciones científicas, la situación cambiaría radicalmente. El alumnado estaría mucho más implicado en el trabajo experimental, con más interés y mucho más atentos a lo que están trabajando.

Además, el bajo coste y la rápida renovación de los teléfonos móviles hoy en día, permite con pocos recursos, hacer llegar estas herramientas docentes a puntos formativos con pocos recursos, garantizando una proyección social de la educación. Con estas ideas iniciales, se plantea el presente trabajo final de grado.

### 1.3 Estudio de necesidades, factores a considerar: limitaciones y condicionantes

Los circuitos de las series RC, RL y RLC son circuitos eléctricos que contienen resistencias, condensadores e inductores conectados en serie o en paralelo. Estos circuitos presentan una respuesta temporal y frecuencial característica que depende de los valores de los componentes y de la fuente de alimentación. El estudio de estos circuitos es fundamental para comprender el comportamiento de los filtros, los osciladores, los amplificadores y otros dispositivos electrónicos.

Para realizar los experimentos con estos circuitos se requiere disponer de un generador de señales que pueda suministrar una tensión alterna de forma y frecuencia variable, y de un osciloscopio que pueda medir y visualizar la tensión en los puntos de interés del circuito. Estos instrumentos suelen ser costosos, complejos y poco accesibles para los estudiantes de ingeniería electrónica y automática.

Sin embargo, los teléfonos inteligentes actuales cuentan con sensores y generadores internos que pueden aprovecharse para realizar estas funciones. Por ejemplo, el altavoz del teléfono puede generar una señal de audio que se puede utilizar como fuente de alimentación para el circuito, y el micrófono puede captar la señal resultante que se puede visualizar en la pantalla del teléfono. Además, existen aplicaciones gratuitas y sin publicidad que permiten controlar y analizar estas señales, como la aplicación *Physics Toolbox* y *Phyphox*.

La aplicación *Physics Toolbox* permite acceder a los sensores y generadores del dispositivo móvil tales como el micrófono, el altavoz, la cámara, el flash, el GPS, el giroscopio, el acelerómetro, el magnetómetro, el barómetro, el termómetro, etc. y mostrar, grabar y exportar los datos obtenidos en forma numérica, gráfica o vectorial. Además, permite generar tonos de diferentes frecuencias y colores de diferentes longitudes de onda.

Por otro lado, la aplicación *Phyphox* es una aplicación también gratuita que permite usar el smartphone como laboratorio móvil para experimentos de física. Puede detectar, medir y analizar fenómenos físicos con los sensores del teléfono, pudiendo emplear, el acelerómetro, el giroscopio, el magnetómetro, el

micrófono, la cámara, el GPS, la brújula, el barómetro, el termómetro, el sensor de luz, el sensor de proximidad y el sensor de humedad entre otros.

Permite exportar los datos en varios formatos y controlar el experimento desde cualquier navegador web.

La ventaja de utilizar los teléfonos inteligentes como generadores de señal y osciloscopio es que son dispositivos portátiles, económicos y ampliamente disponibles, que pueden facilitar la realización de los experimentos en cualquier lugar y momento, sin necesidad de un laboratorio especializado. Así, se puede fomentar el aprendizaje activo, autónomo y colaborativo del estudiantado, así como el desarrollo de competencias transversales como la creatividad, la innovación y la resolución de problemas.

La limitación principal de esta solución radica en la calidad y precisión de los sensores y generadores que dependen del modelo y fabricante del teléfono inteligente, por lo que puede haber variaciones entre distintos dispositivos. Además, se requiere un cable adaptador para conectar cada uno de los teléfonos inteligentes al circuito, el cual debe estar correctamente diseñado y construido para evitar daños en el dispositivo o en el circuito.

Las necesidades que se pretenden cubrir con este trabajo final de grado son las siguientes:

- Demostrar la utilidad de estas herramientas dándole un enfoque didáctico y siendo una solución económica para el estudio de los circuitos de las series RC, RL y RLC, que son fundamentales en la ingeniería electrónica y automática.
- Aprovechar los recursos disponibles en los teléfonos inteligentes, que son dispositivos muy extendidos y accesibles, para generar y medir señales eléctricas de diferentes formas y frecuencias.
- Simplificar el montaje y la conexión de los circuitos, reduciendo el número de componentes y cables necesarios, y evitando el uso de fuentes de alimentación y osciloscopios externos.
- Fomentar el interés y la motivación de los estudiantes por la experimentación y la investigación en el campo de la electricidad y la electrónica.

También existen algunas limitaciones y condicionantes que hay que tener en cuenta al utilizar los teléfonos inteligentes como instrumentos de medida.

Entre ellos se encuentran:

- El diseño y la construcción de los circuitos deben cumplir con las normas de seguridad y calidad, así como con los requisitos de funcionalidad y eficiencia.
- Los teléfonos inteligentes deben contar con una salida de audio y una entrada de micrófono que permitan conectarlos a los circuitos mediante el correspondiente cable adaptador.
- Los circuitos deben estar diseñados y montados de acuerdo a las normas de seguridad y calidad, usando los componentes adecuados y respetando las leyes de Kirchhoff y Ohm.
- Los resultados experimentales deben ser contrastados con los resultados teóricos, usando las fórmulas y los modelos matemáticos correspondientes.
- Los resultados experimentales y teóricos deben ser presentados y analizados de forma clara y rigurosa, usando tablas, gráficos y ecuaciones.
- Los sensores y generadores de señales integrados en los teléfonos inteligentes tienen limitaciones en cuanto a la precisión, la resolución, el rango y la velocidad de muestreo, que pueden afectar a la calidad y la fiabilidad de las medidas y los resultados obtenidos.
- La calidad y precisión de los sensores y generadores del teléfono dependen del modelo y la marca del dispositivo, y pueden variar según las condiciones ambientales y el estado de la batería.
- La aplicación *Physics Toolbox* tiene un rango de frecuencias limitado, entre 20 Hz y 22 kHz, que puede no ser suficiente para algunos experimentos. Además, la aplicación no permite generar señales de forma arbitraria, sino solo señales sinusoidales, cuadradas, triangulares y diente de sierra, además, no permite controlar el nivel de tensión ni la impedancia de salida de las mismas, lo que puede influir en el comportamiento de los circuitos.
- La aplicación *Phyphox*, tiene limitaciones en cuanto a la frecuencia máxima que se puede medir, ya que depende de la frecuencia de muestreo del micrófono, que suele ser de 44,1 kHz o 48 kHz. La frecuencia mínima que se puede medir es de unos 10 Hz sin pérdida de resolución en el eje del tiempo. La amplitud se mide en decibelios (dB),

pero no está calibrada y tiene un desplazamiento arbitrario. Se puede calibrar usando una señal de referencia conocida, pero hay que tener en cuenta que la respuesta en frecuencia del micrófono y del circuito de audio puede variar según la frecuencia. La amplitud estará limitada a las características del micrófono su sensibilidad, nivel de saturación y tolerancia al ruido.

- El cable empleado para conectar el teléfono al circuito debe ser fabricado por el usuario, lo que implica tener los materiales y las herramientas adecuadas, así como seguir las instrucciones de montaje con cuidado. El cable debe tener una resistencia interna baja y una capacidad de aislamiento alta para evitar pérdidas y cortocircuitos.
- Los componentes del circuito deben ser elegidos de forma que se adapten al rango de tensión y corriente que puede suministrar y medir el teléfono, que suele ser de unos pocos voltios y miliamperios. Además, los componentes deben tener una tolerancia baja y una calidad alta para evitar errores y variaciones en los resultados.

## 1.4 Planteamiento de soluciones alternativas y justificación de la solución adoptada

Las soluciones que se han considerado para realizar los experimentos con los circuitos de las series RC, RL y RLC son las siguientes:

### 1.4.1 Opción 1

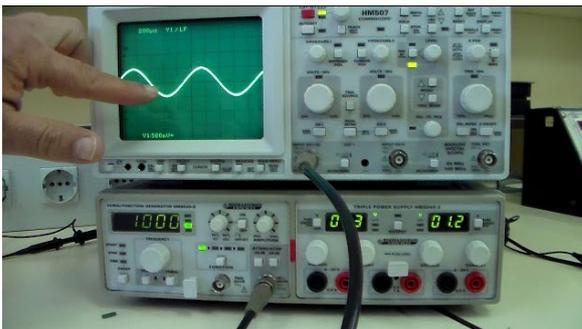


Fig. 1: Osciloscopio y generador de señales.

Utilizar un generador de funciones y un osciloscopio convencionales, que son los instrumentos más habituales para generar y medir señales eléctricas en los laboratorios de electrónica. Esta solución tiene la ventaja de ofrecer una mayor precisión, resolución, rango y velocidad de muestreo que los teléfonos inteligentes, así como un mayor

control sobre el nivel de tensión y la impedancia de salida de las señales. Sin embargo, también tiene la desventaja de requerir un mayor coste, espacio y complejidad en el montaje y la conexión de los circuitos, así como de limitar la accesibilidad y la movilidad de los estudiantes.

### 1.4.2 Opción 2

Utilizar un ordenador portátil con una tarjeta de sonido externa y un software específico, que permiten generar y medir señales eléctricas a través de los conectores de entrada y salida de audio.

Esta solución tiene la ventaja de aprovechar los recursos disponibles en los ordenadores portátiles, que son dispositivos muy extendidos y accesibles, para realizar las funciones de generador de funciones y osciloscopio. Sin embargo, también tiene la desventaja de requerir un dispositivo adicional (la tarjeta de sonido externa), que puede tener limitaciones en cuanto a la precisión, la resolución, el rango y la velocidad de muestreo, así como un software específico, que puede tener un coste o una curva de aprendizaje elevados.

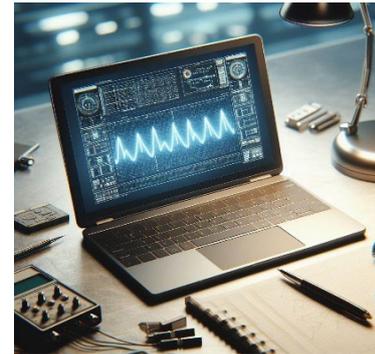


Fig. 2: Señal medida en ordenador portátil.

### 1.4.3 Opción 3

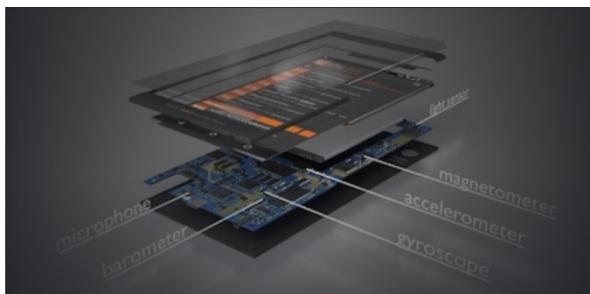


Fig. 3: Sensores smartphone.

Utilizar un teléfono inteligente con la aplicación *Physics Toolbox* como generador de señales y la aplicación *Phyphox* como osciloscopio, además del cable adaptador, estos elementos permiten generar y medir señales eléctricas a través del conector de audio o del puerto USB del

dispositivo. Esta solución tiene la ventaja de simplificar el montaje y la conexión de los circuitos, reduciendo el número de componentes y cables necesarios, y evitando el uso de fuentes de alimentación y osciloscopios externos. Además, tiene la ventaja de fomentar el interés y la motivación de los estudiantes por la experimentación y la investigación, al utilizar un dispositivo cotidiano y familiar para fines educativos. Sin embargo, también tiene la desventaja de depender de las limitaciones de los sensores y generadores de señales integrados en los teléfonos inteligentes, así como de la aplicación *Physics Toolbox* y *Phyphox*, que pueden afectar a la calidad y la fiabilidad de las medidas y los resultados obtenidos.

#### 1.4.4 Solución adoptada

La solución adoptada a desarrollar en este trabajo final de grado es la tercera, es decir, utilizar teléfonos inteligentes con las aplicaciones *Physics Toolbox* y *Phyphox* junto con un cable adaptador por terminal móvil, ya que se considera que es la que más se ajusta a las necesidades y los objetivos planteados, al ofrecer una herramienta didáctica y económica, que aprovecha los recursos disponibles en los teléfonos inteligentes y simplifica el montaje y la conexión de los circuitos. Se considera que las posibles desventajas de esta solución pueden ser compensadas o minimizadas con un adecuado análisis teórico y práctico de los circuitos, así como con una correcta interpretación y comparación de los datos obtenidos.

Se realizarán una serie de experimentos básicos con los circuitos de las series RC, RL y RLC, que pueden servir para ilustrar y reforzar esta creencia y demuestre la posibilidad de la utilización de teléfonos móviles para el estudio y análisis de los circuitos planteados.

Por otro lado, esta solución adoptada, fomenta el uso de las tecnologías móviles como herramientas de aprendizaje, y estimula la creatividad y la innovación del estudiantado al proponerles un reto de diseño y fabricación del cable adaptador necesario, fomentando su interés y motivación.

En resumen, la solución seleccionada presenta las siguientes ventajas:

- Es la más **económica y sostenible**, ya que no requiere de un equipo de laboratorio específico ni de una tarjeta de sonido externa, sino que aprovecha el teléfono inteligente que ya posee el estudiantado.
- Es la **más sencilla**, ya que no requiere de una instalación ni de una configuración compleja, sino que basta con descargar la aplicación y conectar el cable adaptador.
- Es la **más accesible**, ya que permite realizar estudios experimentales en cualquier lugar y momento, sin depender de la disponibilidad del laboratorio ni de un ordenador portátil.
- Es la solución **más didáctica, motivadora e innovadora**, ya que permite a los usuarios realizar sus propias prácticas de laboratorio en cualquier lugar y momento, empleando su teléfono inteligente como una herramienta interactiva de aprendizaje y experimentación en el campo de la electrotecnia.
- Es la solución **más flexible y adaptable**, ya que permite al usuario generar y medir una gran variedad de señales eléctricas, permite mejorar y ampliar sus usos con el desarrollo de nuevas funcionalidades y aplicaciones para el teléfono inteligente.

## 1.5 Descripción detallada de la solución adoptada

Para describir y detallar la solución adoptada, se aplicará dicha solución, en el diseño, construcción y experimentación práctica, de pruebas sencillas, fáciles de transportar y de bajo presupuesto con circuitos de las series RC, RL y RLC para demostrar el acierto de la solución planteada, utilizando teléfonos inteligentes como generador de señal y osciloscopio, aprovechando las capacidades de las aplicaciones *Physics Toolbox* y *Phyphox*.

### 1.5.1 Elementos requeridos

- Dos teléfonos inteligentes con sistema operativo Android o iOS, que tenga instalada la aplicación *Physics Toolbox* y *Phyphox*, estas aplicaciones se pueden obtener gratuitamente desde las tiendas oficiales de Google Play y App Store.
- Un cable adaptador, que permita conectar el teléfono inteligente al circuito eléctrico que se quiere estudiar. Este cable se fabricará, siguiendo las instrucciones que se detallan en el apartado 1.6.2.
- Un conjunto de componentes sencillos eléctricos y electrónicos, que permitan montar los circuitos de las series RC, RL y RLC que se desean estudiar. Estos componentes son: resistencias, condensadores, bobinas, interruptores, cables y conectores. Los valores y las características de estos componentes se especifican en el apartado 1.7.
- Una placa de prototipado o *protoboard*, que permita realizar el montaje de los circuitos de forma rápida y sencilla, sin necesidad de soldar los componentes. La placa de prototipado debe tener suficientes orificios y conexiones para poder albergar los componentes y los cables necesarios para cada circuito. Se recomienda utilizar una placa de prototipado de al menos 400 puntos, como la que se muestra en la figura 4.

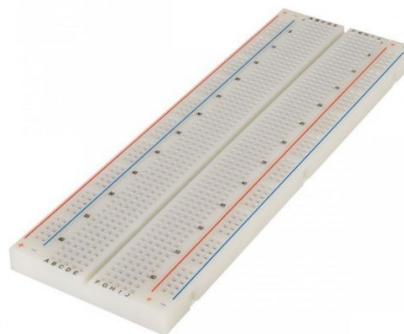


Fig. 4: Placa de prototipado rápido.

### 1.5.2 Montajes propuestos

Consistirá en la realización de los siguientes experimentos con los circuitos de las series RC, RL y RLC, utilizando los teléfonos inteligentes y los cables adaptadores:

- Experimento 1: Medir la constante de tiempo de un circuito RC serie, alimentado con una señal cuadrada, y observar la forma de onda de la tensión en el condensador.
- Experimento 2: Medir la constante de tiempo y la frecuencia de corte de un circuito RL serie, alimentado con una señal cuadrada, y observar la forma de onda de la tensión en el inductor.
- Experimento 3: Estudio exhaustivo de salidas de tensión del terminal móvil empleado como generador, para una utilización más detallada en circuitos de la serie RLC, alimentado con una señal sinusoidal.

### 1.5.3 Metodología

Para cada uno de los experimentos se seguirá la siguiente pauta:

1. Seleccionar los valores de los componentes del circuito, teniendo en cuenta las limitaciones y condicionantes mencionados anteriormente.
2. Montar el circuito en una protoboard, siguiendo el esquema correspondiente.
3. Conectar cada teléfono al circuito mediante el cable adaptador, de forma adecuada.
4. Abrir la aplicación *Physics Toolbox* en el teléfono que actuará como generador de señales, y seleccionar la opción de Tone Generator para generar la señal de entrada al circuito.
5. Abrir la aplicación *Phyphox* en el teléfono que actuará como osciloscopio, y seleccionar la opción de Oscilloscope para medir la señal de salida del circuito.
6. Ajustar los parámetros de la señal de entrada, con la forma, la frecuencia y la amplitud, según el experimento a realizar.
7. Ajustar los parámetros de la señal de salida, como el rango de tiempo y de tensión, según el experimento a realizar.

8. Observar la forma de onda de la señal de salida en la pantalla del teléfono, y tomar las medidas necesarias para calcular los parámetros del circuito, como la constante de tiempo, la frecuencia de resonancia, el ancho de banda y el ángulo de fase.
9. Comparar los resultados obtenidos con los valores teóricos, y analizar las posibles fuentes de error y las formas de mejorar la precisión y la fiabilidad de las medidas.

## **1.6 Elementos o componentes de la solución adoptada**

### **1.6.1 Terminales móviles**

Para facilitar el desarrollo de las pruebas experimentales, se emplearán dos terminales móviles, para poder generar y medir de forma simultánea:

Un Xiaomi Redmi Note 7, como generador de señales.

Un Xiaomi Redmi Note 11, como osciloscopio.

Detalle de las especificaciones técnicas de cada uno de los terminales empleados durante el proceso de experimentación:

#### **1.6.1.1 Xiaomi Redmi Note 7:**

- Pantalla: LCD IPS de 6.3 pulgadas, resolución Full HD+ (2340 x 1080 píxeles), protección Gorilla Glass 5.
- Procesador: Qualcomm Snapdragon 660 de ocho núcleos a 2.2 GHz, GPU Adreno 512.
- Memoria: 3 GB de RAM, 32 GB de almacenamiento interno.
- Cámara trasera: Dual, 48 MP (f/1.8, PDAF) + 5 MP (f/2.4, profundidad), flash LED dual, HDR, vídeo 1080p a 30/60/120 fps, EIS.
- Cámara frontal: 13 MP, f/2.0, HDR, vídeo 1080p.
- Batería: 4000 mAh, carga rápida de 18W, puerto USB-C.
- Sistema operativo: Android 9.0 Pie con MIUI 10.

- Conectividad: 4G LTE, Wi-Fi 802.11 a/b/g/n/ac, Bluetooth 5.0, GPS, infrarrojo, *jack de 3.5 mm*, radio FM, lector de huellas trasero, desbloqueo facial.
- Dimensiones y peso: 159.2 x 75.2 x 8.1 mm, 186 g.
- Colores: Negro
- Precio: Desde 179 €



Fig. 5: Xiaomi Redmi Note 7.

#### 1.6.1.2 Xiaomi Redmi Note 11:

- Pantalla: AMOLED de 6.43 pulgadas, resolución Full HD+ (2400 x 1080 píxeles), protección Gorilla Glass 3, refresco de 90 Hz, respuesta táctil de 180 Hz.
- Procesador: Qualcomm Snapdragon 680 de ocho núcleos a 2.4 GHz, GPU Adreno 610.
- Memoria: 4 GB RAM, 64 GB de almacenamiento interno.
- Cámara trasera: Cuádruple, 50 MP (f/1.8, PDAF, wide) + 8 MP (f/2.2, ultrawide) + 2 MP (f/2.4, macro) + 2 MP (f/2.4, profundidad), flash LED, HDR, vídeo 1080p a 30 fps.

- Cámara frontal: 13 MP, f/2.4, wide, HDR, vídeo 1080p.
- Batería: 5000 mAh, carga rápida de 33W, puerto USB-C.
- Sistema operativo: Android 11 con MIUI 13.
- Conectividad: 4G LTE, Wi-Fi 802.11 a/b/g/n/ac, Bluetooth 5.0, NFC (según región), infrarrojo, *jack de 3.5 mm*, radio FM, lector de huellas lateral, desbloqueo facial, altavoces estéreo, resistencia al agua IP53.
- Dimensiones y peso: 159.9 x 73.9 x 8.1 mm, 179 g.
- Colores: Azul, negro, blanco.
- Precio: Desde 199€.



Fig. 6: Xiaomi Redmi Note 11.

### 1.6.2 Cable adaptador

Un cable adaptador es el elemento que permite conectar el teléfono inteligente al circuito eléctrico que se quiere estudiar.

Para poder emplear ambos terminales de forma simultánea se deberá disponer de dos cables adaptadores, uno para cada terminal.

### 1.6.2.1 Para fabricar el cable adaptador se precisa:

- Un cable de audio con un conector de 3,5 mm o USB-C o Lighting, según el tipo de teléfono inteligente que se utilice. El cable debe tener una longitud suficiente para poder conectar el teléfono inteligente al circuito sin dificultad, pero no demasiado larga para evitar pérdidas de señal o interferencias. Se recomienda utilizar un cable de 50 cm de longitud.
- Dos terminales tipo banana o cocodrilo, que se conectarán a los puntos del circuito que se quieran medir o alimentar. Los terminales deben tener un buen aislamiento y una buena sujeción, para evitar cortocircuitos o falsos contactos. Se recomienda utilizar terminales de colores diferenciados, para distinguir el polo positivo y el negativo del cable.
- Un soldador, estaño, alicates, cinta aislante y un destornillador, que se utilizarán para cortar, pelar, soldar y aislar los cables y los terminales.

Dados los terminales móviles que se van a emplear para la fase de experimentación, se ha optado por la utilización de un cable de audio compuesto con conector jack TRRS de cuatro hilos que se puede conseguir fácilmente en tiendas de electrónica o incluso aprovechando un cable de sonido que se tenga a mano. La figura 7 muestra la clavija jack TRRS y las conexiones usadas como se aplican en este proyecto.

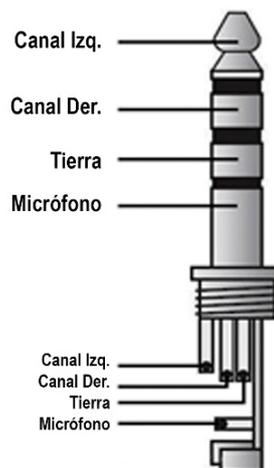


Fig. 7 Clavija Jack 3,5 mm.

Los pasos para fabricar el cable adaptador son los siguientes:

1. Cortar el cable de audio por la mitad, de forma que se obtengan dos trozos de cable con un conector cada uno.
2. Pelar los extremos de los cables, de forma que se expongan los hilos internos. En este caso al tratarse de un cable de audio de 4 hilos.
3. Los hilos suelen ser de diversos colores y depende del fabricante, por lo que será preciso emplear un multímetro en modo continuidad, para poder identificar su correspondencia con cada una de las partes de la clavija.
4. Para el cable adaptador empleado como generador será necesario localizar los hilos que corresponden al micrófono y la masa o tierra.
5. Para el cable adaptador empleado para conectar el osciloscopio, será necesario localizar los hilos correspondientes al canal izquierdo y la masa o tierra. En nuestro caso la correspondencia de colores ha sido:



*Fig. 8 Ejemplo de color del cableado.*

- Soldar los terminales tipo banana o cocodrilo a los hilos que corresponden a cada uno de los terminales que deseamos emplear. Se recomienda utilizar el terminal rojo para el canal de datos y el terminal negro para la masa o tierra, para mantener una coherencia con los colores empleados ya que el terminal negro se suele relacionar con la masa o tierra (polo negativo). Los terminales se deben soldar de forma que queden firmes y seguros, y se deben aislar con cinta aislante para evitar cortocircuitos o falsos contactos.
- Aislar con cinta aislante el resto de hilos no empleados en cada uno de los casos, ya que no se van a utilizar. Estos hilos se deben dejar sueltos y sin conectar a ningún punto del circuito, para evitar interferencias o daños en el teléfono inteligente o en el propio circuito.

- Comprobar que el cable adaptador funciona correctamente, conectando el conector de audio al teléfono inteligente y los terminales tipo banana o cocodrilo a una fuente de tensión o a un multímetro. Se debe verificar que la señal que se genera o se mide con el teléfono inteligente coincide con la señal que se aplica o se obtiene con la fuente de tensión o el multímetro. Para esta comprobación se debe tener en cuenta las limitaciones de magnitud de los programas Physics Toolbox y Phyphox descritos en el punto 1.3 de la memoria del presente proyecto.

### 1.6.3 Componentes eléctricos y electrónicos

Los componentes eléctricos y electrónicos son los elementos que permiten montar los circuitos de las series RC, RL y RLC que se quieren estudiar. Estos componentes son: resistencias, condensadores, bobinas, interruptores, cables y conectores. Los valores y las características de estos componentes se especifican en el apartado 1.7 Parte experimental y cálculo, así como los criterios de selección que se han seguido para su elección.

Los componentes eléctricos y electrónicos se deben elegir de forma que cumplan con los requisitos de funcionalidad y eficiencia del proyecto, así como con las normas de seguridad y calidad. Para ello, se deben tener en cuenta los siguientes aspectos:

- Los valores de los componentes se deben ajustar a los valores teóricos que se obtienen a partir de las fórmulas y los cálculos que se realizan para el análisis de los circuitos. Sin embargo, se debe tener en cuenta que los componentes reales tienen una tolerancia o un margen de error, que puede afectar al comportamiento de los circuitos. Se recomienda utilizar componentes con una tolerancia de  $\pm 5\%$  o inferior, para minimizar el error.
- El valor de la resistencia utilizada en los circuitos, debe ser de un valor de al menos  $100 \Omega$  para evitar grandes corrientes que puedan dañar los terminales móviles.
- Los componentes se deben elegir de forma que soporten la tensión y la corriente que se les va a aplicar, sin que se produzcan sobrecalentamientos, daños o riesgos. Se recomienda utilizar componentes con una potencia nominal de al menos  $0,25 \text{ W}$  o superior, para evitar que se quemen o se fundan.
- Los componentes se deben elegir de forma que tengan una buena calidad y una buena fiabilidad, para evitar que se deterioren o se estropeen con el uso. Se recomienda utilizar componentes de marcas reconocidas y

certificadas, que cumplan con las normas y los estándares internacionales.

- Los componentes se deben elegir de forma que sean compatibles entre sí y con el cable adaptador y la placa de prototipado, para facilitar el montaje y la conexión de los circuitos. Se recomienda utilizar componentes con un tamaño y una forma adecuados, que se puedan insertar y extraer fácilmente de la placa de prototipado, y que tengan un buen contacto y una buena sujeción, para evitar falsos contactos o cortocircuitos.

## 1.7 Parte experimental y cálculo

En este apartado se van a desarrollar las diferentes pruebas experimentales que se han planteado en el apartado 1.5, su resolución, cálculos y conclusiones parciales de cada uno de los experimentos.

### 1.7.1 Experimento 1

Medir la constante de tiempo y la frecuencia de corte de un circuito RC serie, alimentado con una señal cuadrada, y observar la forma de onda de la tensión en el condensador.

#### 1.7.1.1 Principios teóricos experimento 1:

El esquema de montaje correspondiente será:

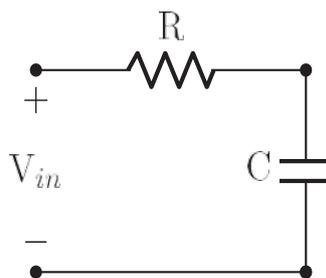


Fig. 9 Circuito RC serie.

Se analizará el comportamiento del circuito, usando una señal de entrada cuadrada, que cambia entre un valor máximo y un valor mínimo. Cuando el voltaje de entrada es alto, el condensador se carga de energía, y cuando el voltaje de entrada es bajo, el condensador se descarga. El voltaje en el condensador depende del campo eléctrico que se crea, que a su vez se puede relacionar con la densidad de energía electrostática. Las fórmulas matemáticas

para el voltaje de un condensador en un circuito RC se pueden obtener fácilmente aplicando la primera ley de Kirchhoff.

$$V_c(t) = V_{mC}(1 - e^{-t/\tau_{RC}}), \text{ (ec.-1)}$$

donde  $\tau_{RC} = R \cdot C$  es el tiempo característico y  $V_{mC}$  es el voltaje máximo alcanzado en el condensador.

Por otro lado, la expresión para la descarga del condensador se expresa como:

$$V_c(t) = V_{mC} \cdot e^{-t/\tau_{RC}}, \text{ (ec.-2)}$$

Ajustando los datos de la tensión en el condensador durante su descarga, podemos determinar la constante de tiempo  $\tau_{RC}$  y utilizarla para calcular la capacitancia del condensador.

#### 1.7.1.2 Proceso experimento 1:

- **Montaje:**

Se procederá al montaje del circuito de la figura 9 sobre la placa de prototipado, el valor de la resistencia será de  $R = 470 \text{ (24)} \Omega$  y el valor de fabricación para la capacitancia será de  $1 \text{ (1)} \mu\text{F}$ . Señal de entrada cuadrada, con amplitud  $0,77 \text{ V}$  y frecuencia  $200 \text{ Hz}$ .

Conectaremos los dispositivos móviles al circuito tal y como se muestra en la figura 10:

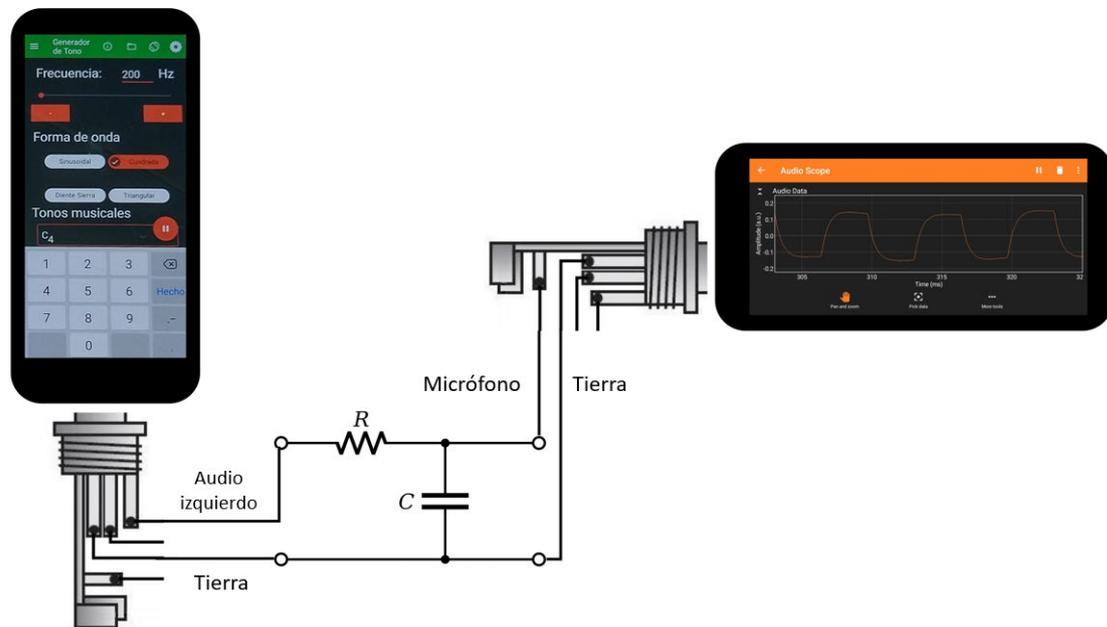


Fig.10 Esquema simplificado de montaje.

El terminal móvil de la izquierda lo emplearemos como generador de señales conectándolo mediante el cable adaptador que se ha construido que emplea los hilos correspondientes al canal izquierdo y la masa, el terminal rojo (canal izquierdo), lo conectaremos a la entrada de la resistencia y el terminal negro (masa) lo llevaremos a la salida del condensador. El teléfono móvil de la derecha, actuará como osciloscopio y se conectará entre los bornes del condensador.

- **Configuración de los terminales móviles:**

Terminal que actúa como generador de señales: Utilizaremos el generador de tonos proporcionado por la aplicación gratuita de Android Physics Toolbox Suite. Esta opción se encuentra en el panel izquierdo de la pantalla. Seleccionaremos Frecuencia 200 Hz, Forma de onda Cuadrada, Tonos musicales C4.

La amplitud dependerá del volumen del terminal, en nuestro caso empleamos el volumen máximo para obtener la mayor amplitud posible en este caso 0,77V. (Figura 11)

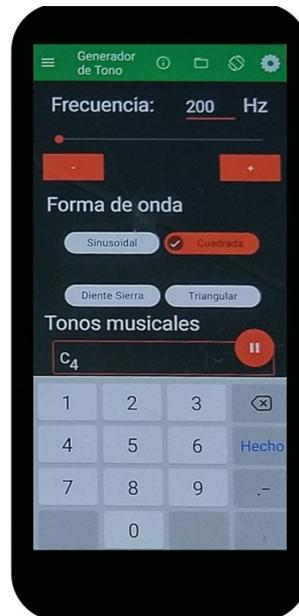


Fig.11 Configuración generador.

Terminal que actúa como osciloscopio: Utilizaremos la aplicación Phypox con su opción Audio Scope, que permite visualizar cualquier señal de audio a través de la entrada Jack del dispositivo. Figura 12.

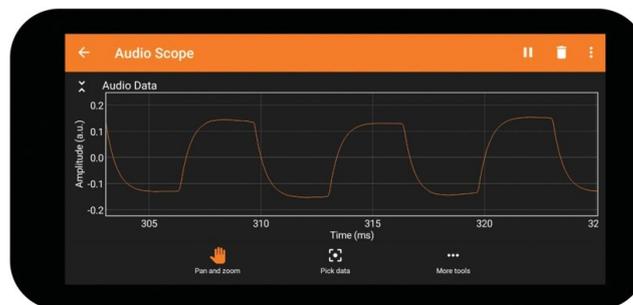


Fig.12 Configuración osciloscopio.

- **Medición y análisis:**

La señal medida con el terminal móvil que actúa como osciloscopio, nos muestra el valor de  $V_c$  en función del tiempo, la aplicación Phypox registra los voltajes en unidades que no tienen un significado físico (en unidades arbitrarias), mientras que el tiempo se mide en milisegundos. Las unidades de voltaje son de valor arbitrario porque se desconoce cómo los circuitos del teléfono inteligente amplifican la señal. Sin embargo, como solo nos interesan los cambios relativos en los voltajes, podemos obtener las constantes de tiempo del circuito.

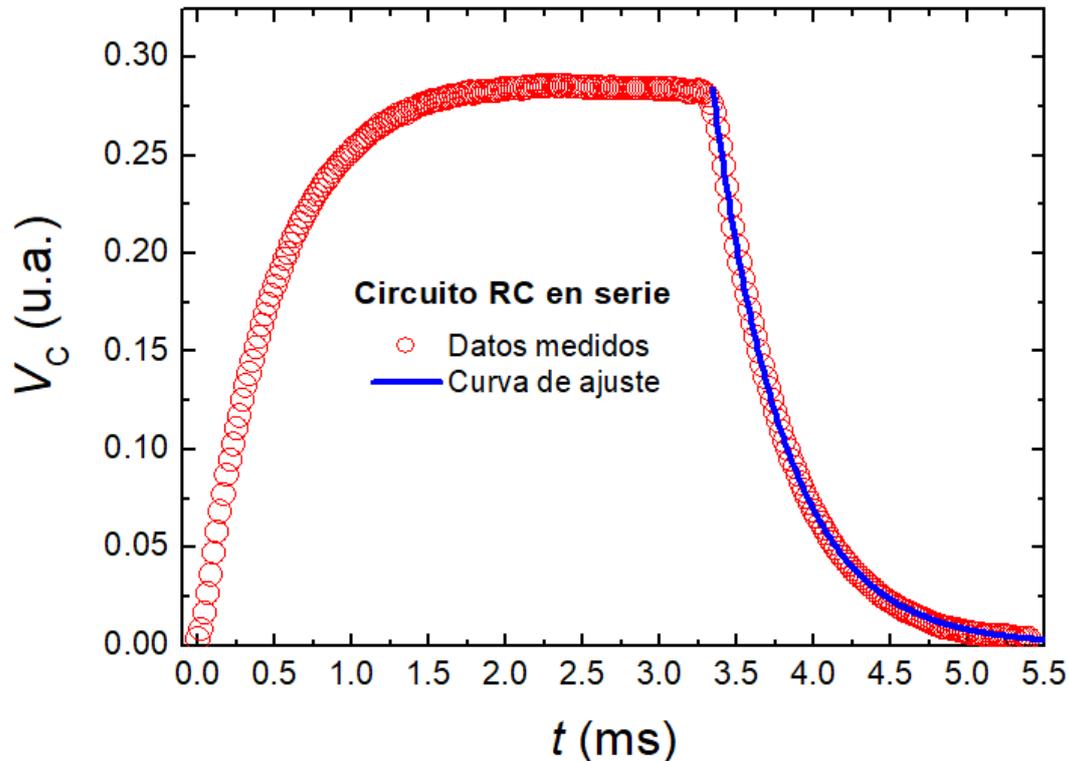


Fig. 13: Voltaje en el condensador en el circuito de la serie RC en función del tiempo.

Analizando la Figura 13 que muestra el voltaje en función del tiempo en el condensador (C) del circuito RC (Fig.9) para la carga y descarga del condensador, obtenemos que  $\tau_{RC} = 0,465$  (2) ms.

Teniendo en cuenta que el valor de R según el fabricante es de  $470 \Omega$  (tolerancia de fabricación 5%), podemos calcular el valor práctico de la capacidad del condensador, gracias a los resultados medidos empíricamente, el valor de C sería de  $C = \tau_{RC}/R = 0,465/470 = 0,99$  (5)  $\mu F$ .

El valor que nos indicaba el fabricante para el condensador empleado en el circuito, es de capacitancia  $1$  (1)  $\mu F$ .

Por lo tanto, la concordancia entre el valor calculado a partir de las mediciones experimentales y el proporcionado por el fabricante es prácticamente idéntico.

### 1.7.3 Experimento 2

Medir la constante de tiempo y la frecuencia de corte de un circuito RL serie, alimentado con una señal cuadrada, y observar la forma de onda de la tensión en el inductor.

#### 1.7.3.1 Principios teóricos experimento 2:

El esquema de montaje correspondiente será:

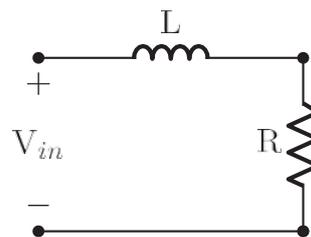


Fig. 14 circuito RL serie.

Se analizará el comportamiento del circuito RL, usando, como en el caso anterior, una señal de entrada cuadrada, que cambia entre un valor máximo y un valor mínimo. En este caso para estudiar la carga y descarga del circuito RL mediremos el voltaje en la resistencia. La energía almacenada en el campo magnético es proporcional a la intensidad de la corriente, que a su vez es proporcional al voltaje en la resistencia.

El aumento de la tensión en la resistencia cuando la onda cuadrada alcanza su valor máximo se expresa como:

$$V_R(t) = V_{mR}(1 - e^{-t/\tau_{RL}}), \text{ (ec-3)}$$

Donde el tiempo característico es  $\tau_{RL} = L/R$  y  $V_{mL}$  es el voltaje máximo alcanzado en la resistencia.

Del mismo modo, el decaimiento de la tensión en la resistencia cuando la onda cuadrada alcanza su valor mínimo se expresa como:

$$V_R(t) = V_{mR} \cdot e^{-t/\tau_{RL}}, \text{ (ec-4)}$$

### 1.7.3.2 Proceso experimento 2:

- **Montaje:**

Se procederá al montaje del circuito de la figura 14 sobre la placa de prototipado, el valor de la resistencia será de  $R = 275 \text{ (14) } \Omega$  y el valor de fabricación para la inductancia será de  $0,10 \text{ (1) H}$ . Señal de entrada cuadrada, con amplitud  $0,77 \text{ V}$  y frecuencia  $200 \text{ Hz}$ .

Conectaremos los dispositivos móviles al circuito tal y como se muestra en la figura 15:

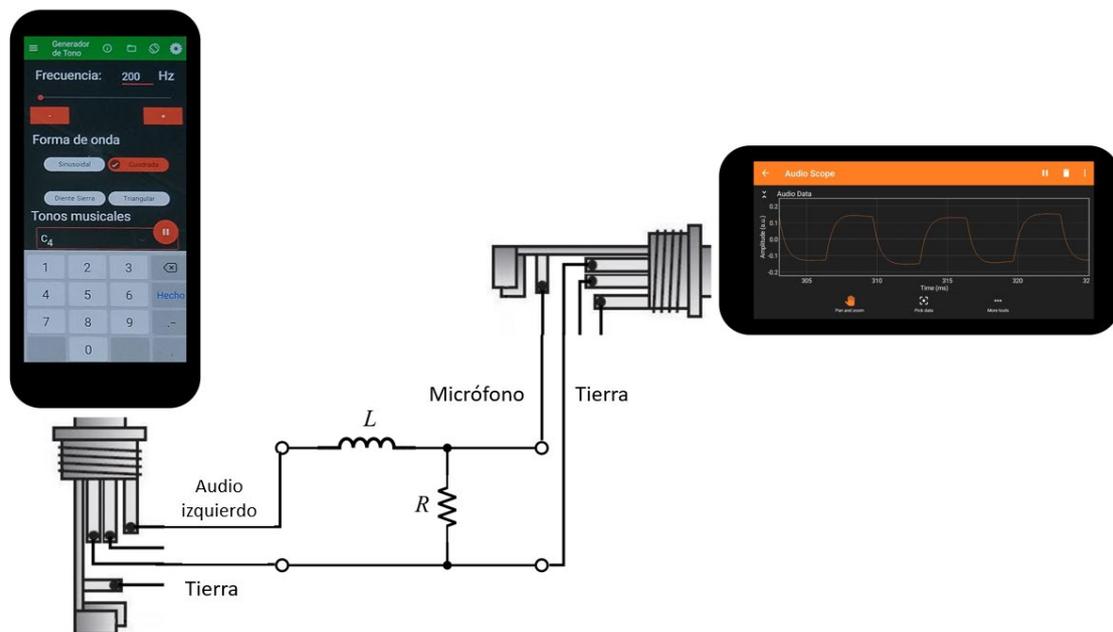


Fig.15 Esquema simplificado de montaje.

El terminal móvil de la izquierda lo emplearemos como generador de señales conectándolo mediante el cable adaptador que se ha construido que emplea los hilos correspondientes al canal izquierdo y la masa, el terminal rojo (canal izquierdo), lo conectaremos a la entrada de la inductancia y el terminal negro (masa) lo llevaremos a la salida de la resistencia. El teléfono móvil de la derecha, actuará como osciloscopio y se conectará entre los bornes de la resistencia.

- **Configuración de los terminales móviles:**

Como generador de señales: utilizaremos el generador de tonos proporcionado por la aplicación gratuita de Android Physics Toolbox Suite. Esta opción se encuentra en el panel izquierdo de la pantalla. Seleccionaremos Frecuencia 200 Hz, Forma de onda Cuadrada, Tonos musicales C4. La amplitud dependerá del volumen del terminal, en nuestro caso empleamos el volumen máximo para obtener la mayor amplitud posible en este caso 0,77V. Figura 16.

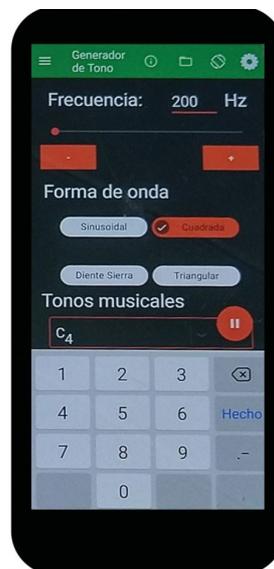


Fig. 16 Configuración generador.

Como osciloscopio: utilizaremos la aplicación Phypox con su opción Audio Scope, que permite visualizar cualquier señal de audio a través de la entrada Jack del dispositivo. Figura 17.

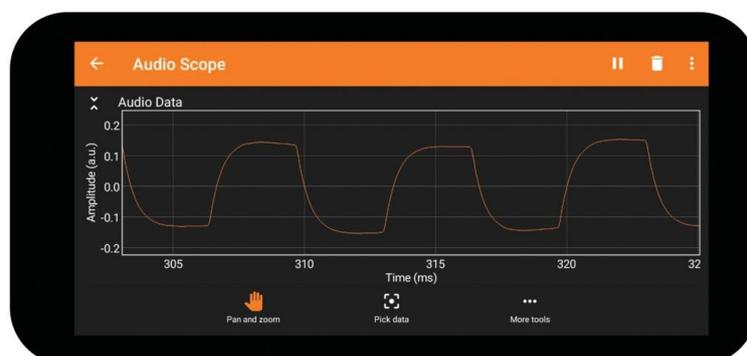


Fig. 17 Configuración osciloscopio.

- Medición y análisis:

La señal medida con el terminal móvil que actúa como osciloscopio, nos muestra el valor de  $V_R$  en función del tiempo, la aplicación Phyphox registra los voltajes en unidades que no tienen un significado físico (en unidades arbitrarias), mientras que el tiempo se mide en milisegundos. Las unidades de voltaje son de valor arbitrario porque se desconoce cómo los circuitos del teléfono inteligente amplifican la señal. Sin embargo, como solo nos interesan los cambios relativos en los voltajes, podemos obtener las constantes de tiempo del circuito.

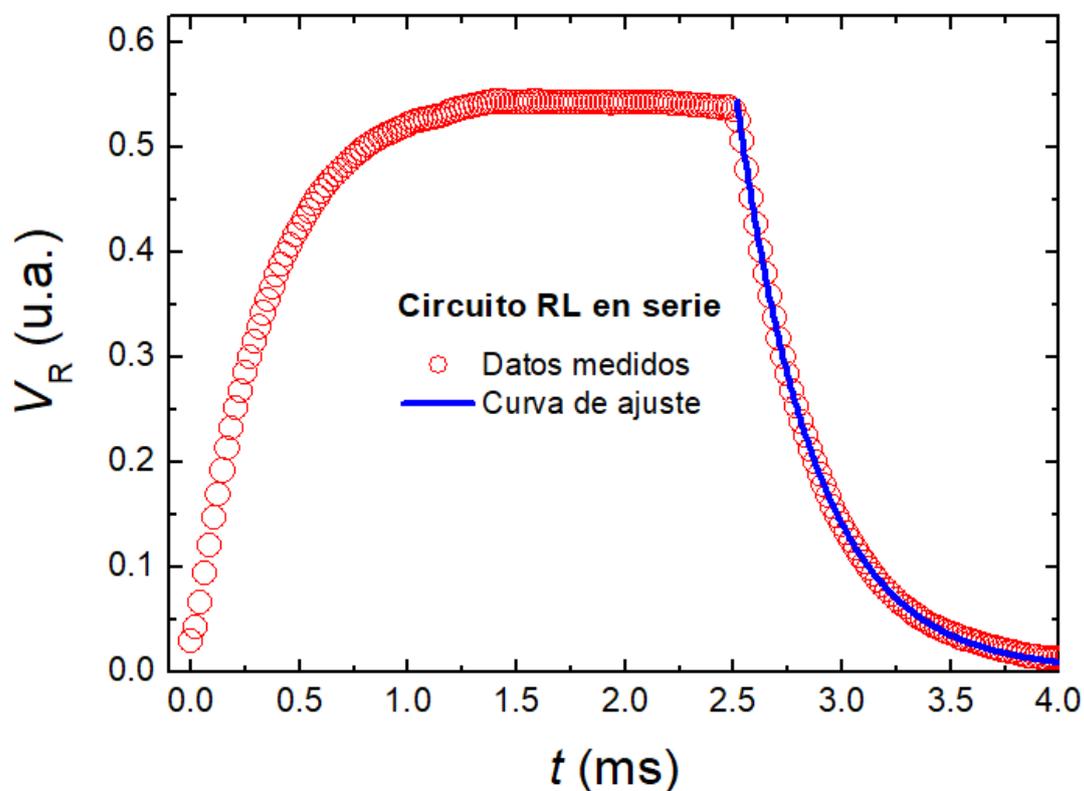


Fig. 18 Voltaje en la resistencia en el circuito de la serie RL en función del tiempo.

Analizando la figura 18, que muestra el voltaje en función del tiempo en la resistencia ( $R$ ) del circuito  $R_L$  (Fig. 14) que muestra el comportamiento del circuito por los efectos de la inductancia, obtenemos que  $\tau_{RL} = 0,359 (2) \text{ ms}$ . Teniendo en cuenta que el valor de  $R$  según el fabricante es de  $275 (14) \Omega$  (tolerancia de fabricación 5%), podemos calcular el valor práctico de la inductancia de la bobina ( $L$ ), gracias a los resultados medidos empíricamente, el valor de  $L$  sería de  $L = \tau_{RL} \cdot R = 0,359 \cdot 275 = 0,099 (9) \text{ H}$ .

El valor que nos indicaba el fabricante para el valor de la bobina empleada en el circuito, es de  $0,10 (1) \text{ H}$ .

Por lo tanto, la concordancia entre el valor calculado a partir de las mediciones experimentales y el proporcionado por el fabricante es prácticamente idéntico.

### 1.7.4 Experimento 3

Estudio exhaustivo de salidas de tensión del terminal móvil empleado como generador, para una utilización más detallada en circuitos de la serie RLC, alimentado con una señal sinusoidal.

#### 1.7.4.1 Proceso experimento 3:

- Montaje

Se procederá al montaje del circuito de la figura 19 sobre la placa de prototipado, el valor de la resistencia será de  $R = 220 (4) \Omega$  (tolerancia 5%), el valor de fabricación para la inductancia será de 10 mH, para afinar los cálculos se ha medido su valor real y tenemos un resultado de 10,4 (2) mH, por último, la capacidad del condensador C será  $C = 1,00 (1) \mu\text{F}$  (valor fabricante).

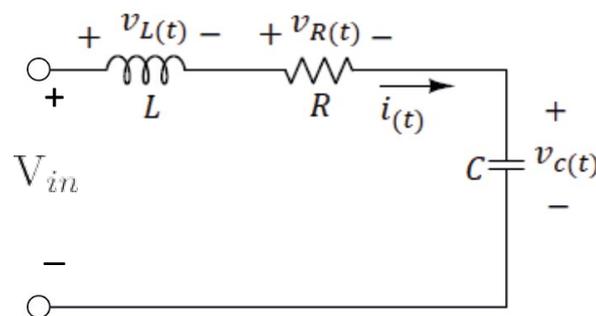


Fig. 19 Circuito RLC serie.

Previo al montaje, dada la peculiaridad del circuito que puede ser más sensible a las variaciones de los valores de los componentes que lo conforman, se han realizado una serie de mediciones sobre los propios terminales móviles empleados como generador y como osciloscopio, para tener unos datos más fiables a la hora de estudiar el circuito RLC.

Resistencias reales: Se tendrá en cuenta la resistencia interna del smartphone utilizado como generador de señal, tras realizar la medición de la misma, el resultado fue  $R_i = 10,620 \text{ (2) } \Omega$ . La medición se ha realizado con un multímetro fijo *Keysight 34461A*. Con este mismo multímetro se ha medido el valor óhmico de la bobina,  $R_L = 19,381 \text{ (3) } \Omega$ , por lo que la resistencia total del circuito que se tendrá en cuenta para la valoración del circuito RLC será  $R_T = R + R_i + R_L = 250 \text{ (4) } \Omega$ .

Rango de voltajes de entrada: Se realiza un estudio del rango de voltajes en el puerto de audio cuando se genera una onda sinusoidal con Physics Toolbox Suite. Las mediciones se han realizado mediante un osciloscopio (modelo *Tektronix TBS 1072B-EDU*) para medir la amplitud ( $\epsilon_{m\acute{a}x.}$ ) para cada paso del botón de volumen del smartphone. La figura 20 muestra los valores de  $\epsilon_{m\acute{a}x}$  en función del número de pasos del botón de volumen (un total de  $n = 15$  pasos).

Las medidas de  $\epsilon_{m\acute{a}x}$  se han tomado para un valor bajo (250 Hz) y alto (12 kHz) se puede observar que los resultados son en gran medida los mismos (Figura 20), por lo que la frecuencia no afecta a la ganancia del generador.

Para todas las mediciones, el volumen se ha ajustado en el paso  $n = 7$  (de los 15 pasos disponibles), lo que corresponde a 32,4 mV. Manteniendo ese paso de volumen en  $n=7$ , hemos realizado también la medición de la señal con el smartphone 2 que estamos empleando como osciloscopio con el programa Phyphox, obteniendo un valor de 0,516 u.a. (unidades arbitrarias). Gracias a estas mediciones hemos podido hallar la relación entre u.a. y voltios, siendo esta de 0,062 V/u.a.

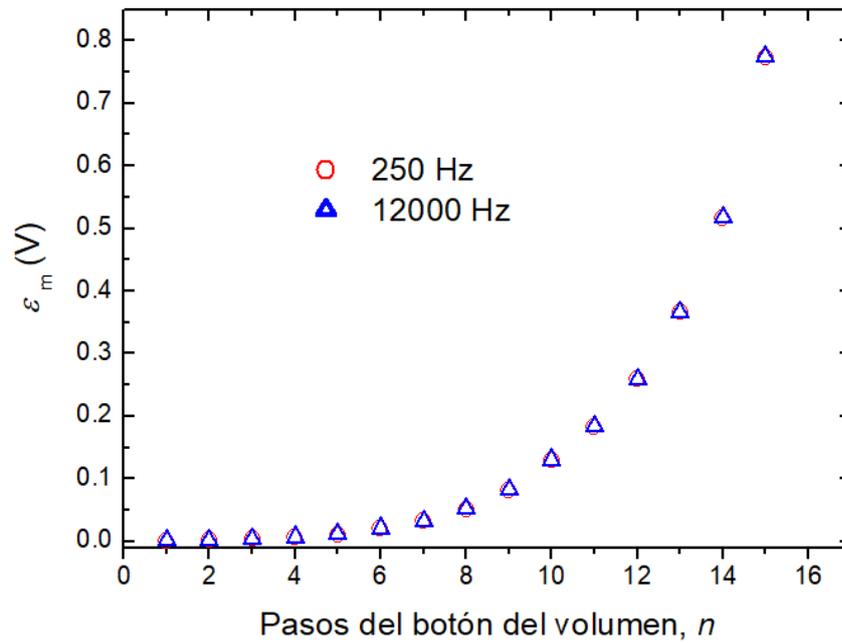


Fig. 20 Fuerza electromotriz máxima en el puerto de audio del smartphone ( $\epsilon_{m\acute{a}x.}$ ) en función del número de pasos del botón de volumen.

Tras estas mediciones, procedemos a conectar los terminales móviles tal y como se muestra en la figura 21.

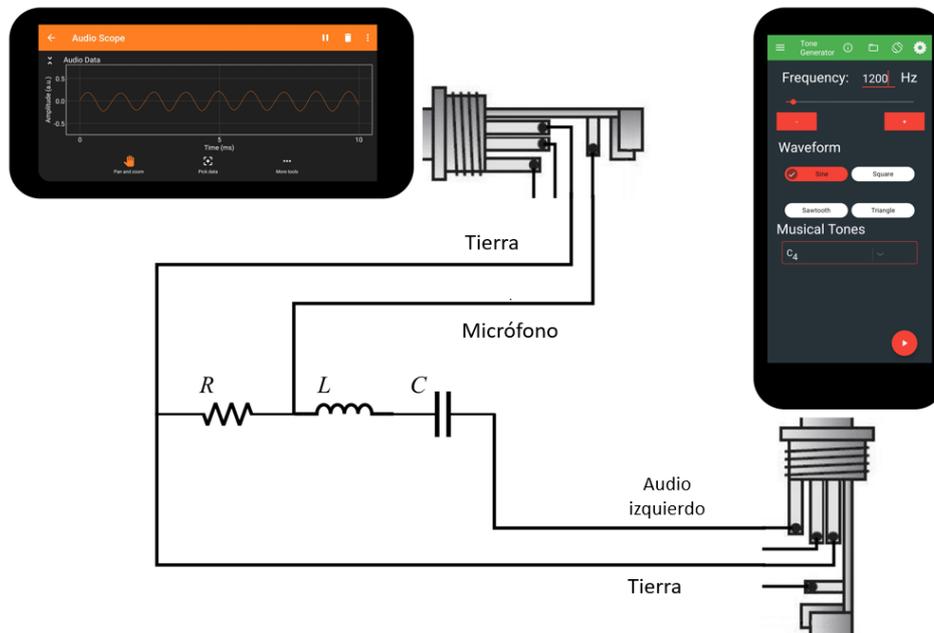


Fig. 21 Esquema simplificado de montaje.

- Medición y análisis:

Uno de los fenómenos más relevantes en el estudio de circuitos RLC, es su comportamiento en resonancia, cuando la reactancia capacitiva ( $X_C$ ) y la reactancia inductiva ( $X_L$ ) son iguales. Durante este fenómeno la impedancia general se convierte en un número real que es igual a la resistencia óhmica del circuito  $Z=R_T$ , puesto que el efecto de ambas reactancias se contrarrestan.

Para la frecuencia de resonancia la corriente es máxima,  $I_m = \varepsilon_m / R_T$ , (ec-5). Podemos conocer el comportamiento de la corriente observando el voltaje en la resistencia, ya que las cantidades son directamente proporcionales.

Se ha realizado un estudio del comportamiento del circuito con la variación de la frecuencia y la corriente que lo recorre, se recogen los resultados en la tabla 1, donde se registran los valores de la tensión máxima en la resistencia ( $V_{Rm}$ ) medida con el teléfono inteligente utilizado como osciloscopio en función de la frecuencia ( $f$ ) de una onda sinusoidal utilizada como entrada originada en el teléfono inteligente utilizado como generador de señales.

$f$ (Hz)	$V_{Rm}$ (V)	$f$ (Hz)	$V_{Rm}$ (V)	$f$ (Hz)	$V_{Rm}$ (V)
100	0.00335 (1)	1650	0.02720 (1)	5000	0.01690 (1)
200	0.00781 (1)	1700	0.02711 (1)	5500	0.01587 (2)
300	0.01128 (2)	1750	0.02712 (1)	6000	0.01469 (1)
400	0.01440 (1)	1800	0.02725 (1)	6500	0.01368 (1)
500	0.01705 (1)	2000	0.02677 (1)	7000	0.01259 (1)
600	0.01960 (2)	2200	0.02603 (1)	7500	0.01220 (1)
700	0.02133 (2)	2400	0.02525 (1)	8000	0.01156 (1)
800	0.02133 (2)	2600	0.02454 (2)	8500	0.01107 (1)
900	0.02384 (2)	2800	0.02403 (1)	9000	0.01058 (1)
1000	0.02510 (1)	3000	0.02354 (1)	9500	0.00989 (1)
1100	0.02593 (1)	3200	0.02239 (1)	10000	0.00961 (2)
1200	0.02631 (2)	3400	0.02190 (2)	10500	0.00911 (1)
1300	0.02675 (1)	3600	0.02118 (1)	11000	0.00821 (1)
1400	0.02714 (1)	3800	0.02050 (1)	11500	0.00802 (1)
1500	0.02734 (1)	4000	0.01956 (2)	12000	0.00773 (1)
1600	0.02731 (1)	4500	0.01834 (1)		

Tabla 1. Valores de la tensión máxima en la resistencia ( $V_{Rm}$ ) en función de la frecuencia ( $f$ ) de la onda sinusoidal utilizada como entrada en el circuito de la serie RLC.

La corriente máxima establecida en el circuito de la serie RLC cuando se alimenta con una fuerza electromotriz ( $\varepsilon$ ) se calcula como:

$$I_m = \varepsilon_m / |Z|, \text{ (ec-6)}$$

Donde  $\varepsilon_m$  es la fuerza electromotriz máxima y  $|Z|$  es el módulo de la impedancia compleja. Sustituyendo la expresión por el módulo de la impedancia, la ecuación se convierte en:

$$I_m = \frac{\varepsilon_m}{\sqrt{R_T^2 + (X_L - X_C)^2}} = \frac{\varepsilon_m}{\sqrt{R_T^2 + (2\pi fL - 1/(2\pi fC))^2}}, \text{ (ec-7)}$$

donde  $L$  es el valor de la inductancia,  $C$  la capacitancia del condensador y  $R_T = R + R_i + R_L$  es la resistencia óhmica total. Como se mencionó anteriormente, los términos  $R$ ,  $R_i$ ,  $R_L$ , representan la resistencia de la resistencia externa, la resistencia interna del teléfono inteligente utilizado como generador y la resistencia óhmica del inductor, respectivamente.

El voltaje máximo en la resistencia que depende de la frecuencia se puede representar como:

$$V_{Rm}(f) = I_m \cdot R = \frac{\varepsilon_m \cdot R}{\sqrt{R_T^2 + (2\pi fL - 1/(2\pi fC))^2}}, \text{ (ec-8)}$$

Tras estas disertaciones y mediciones, vamos a realizar las comprobaciones pertinentes para probar la idoneidad del uso de teléfonos móviles inteligente en sustitución del generador de funciones y osciloscopio que se emplearían habitualmente en el estudio de un circuito serie RLC.

Empleando la ecuación 8 de  $V_{Rm}$  en función de la frecuencia, se ha ajustado a los datos experimentales. Dejando libres los parámetros, de la fuerza electromotriz máxima ( $\varepsilon_m$ ) y la frecuencia de resonancia ( $f_0$ ). Los resultados obtenidos nos dan unos valores  $V_{Rm} = 0,0280$  (2) V, y una frecuencia de resonancia  $f_0 = 1560$  (6) Hz. El valor de la frecuencia de resonancia teórica es de  $f_0 = 1/(2\pi\sqrt{LC}) = 1591,5$  Hz, podemos observar que la desviación es mínima, muy cerca (2%).

Por otro lado, utilizando la fuerza electromotriz máxima instalada y el valor de la resistencia  $R$  dada por el fabricante, podemos calcular la resistencia óhmica total del circuito a partir de la ecuación en resonancia,

$$R_T = R \frac{\epsilon_m}{V_{Rm}} = 251 (8) \Omega$$

que, al compararla con la resistencia óhmica total del circuito mencionado anteriormente,  $R_T = 250 (4) \Omega$ , su desviación es mínima.

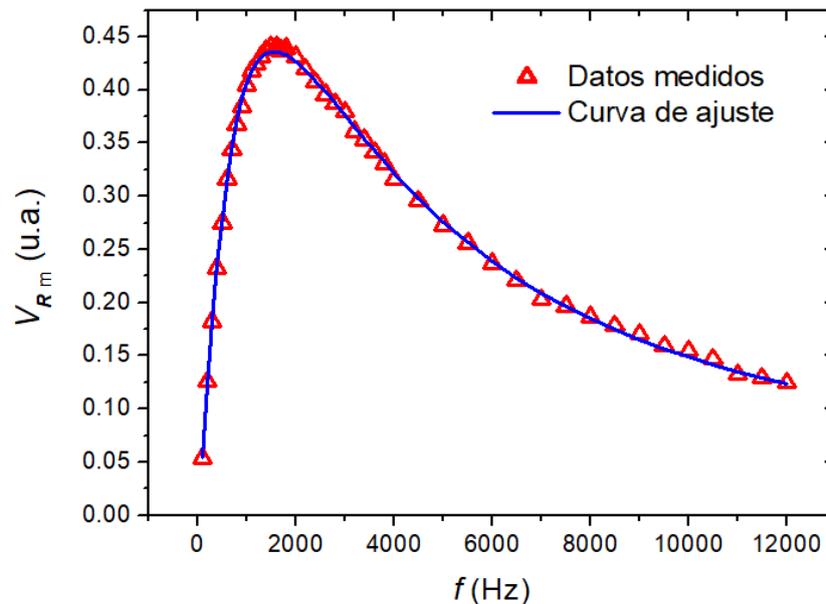


Fig. 22 Gráfico de la tensión máxima en la resistencia ( $V_{Rm}$ ) en función de la frecuencia ( $f$ ).

## 1.8 Conclusiones de la fase experimental

Tras realizar todas las experiencias prácticas que plantea el proyecto, queda demostrada la fiabilidad y la utilidad técnica del uso de teléfonos móviles como instrumentación electrónica eficaz, puesto que los resultados obtenidos en el análisis de los circuitos empleando terminales móviles, es comparable con el análisis realizado con instrumentación convencional de laboratorio.

Además de la motivación extra que recibe el alumnado, la parte económica es otro factor a tener en cuenta, ya que como hemos podido ratificar, el estudio de los circuitos RC, RL y RLC, puede desarrollarse sin necesidad de instrumentación electrónica estándar de coste elevado como son un generador de señales u osciloscopio.

## 2. Esquemas de conexión

Para el presente proyecto se han definido diversos esquemas de conexión que representan gráficamente la solución adoptada para el proyecto, mostrando el diseño y la disposición de los componentes y los cables que forman los circuitos de las series RC, RL y RLC.

### Esquema 1: Cable adaptador generador

El esquema muestra el conexionado del cable adaptador configurado para uso de la aplicación como generador de señales.

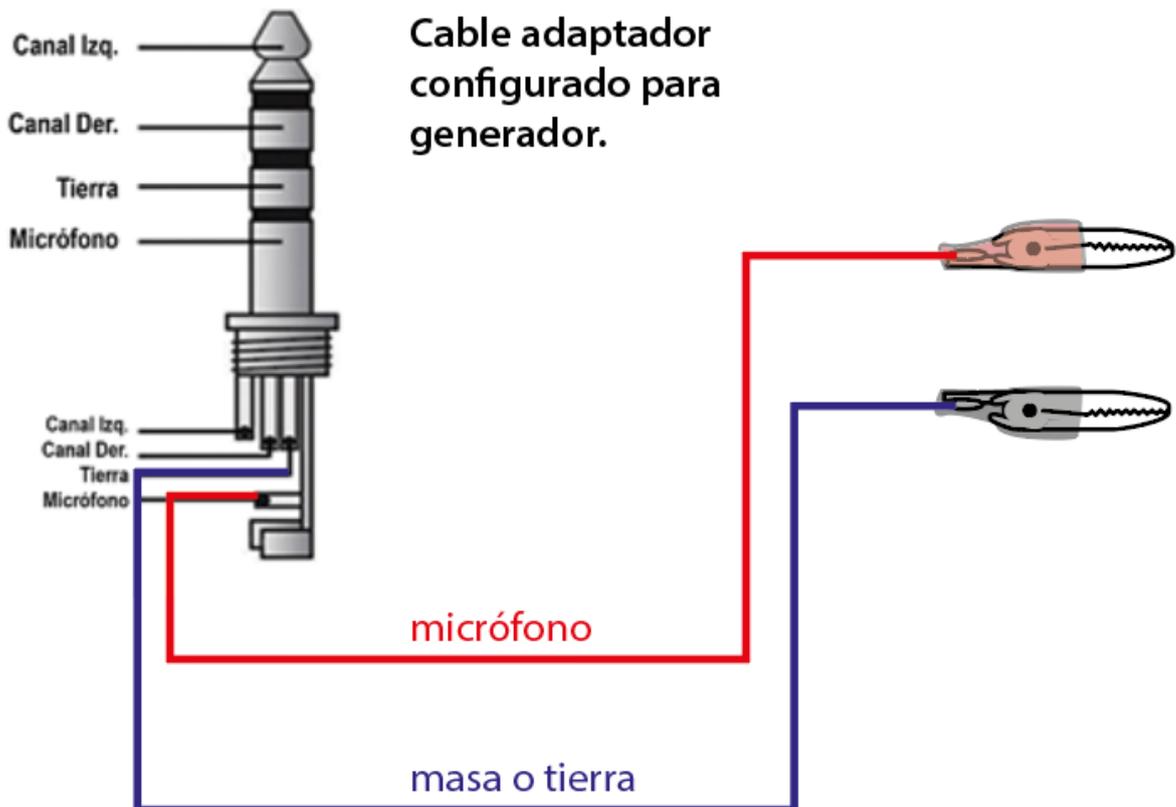


Fig. 23 Cable adaptador configurado como generador.

## Esquema 2: Cable adaptador osciloscopio

El esquema muestra el conexionado del cable adaptador configurado para uso de la aplicación como osciloscopio.

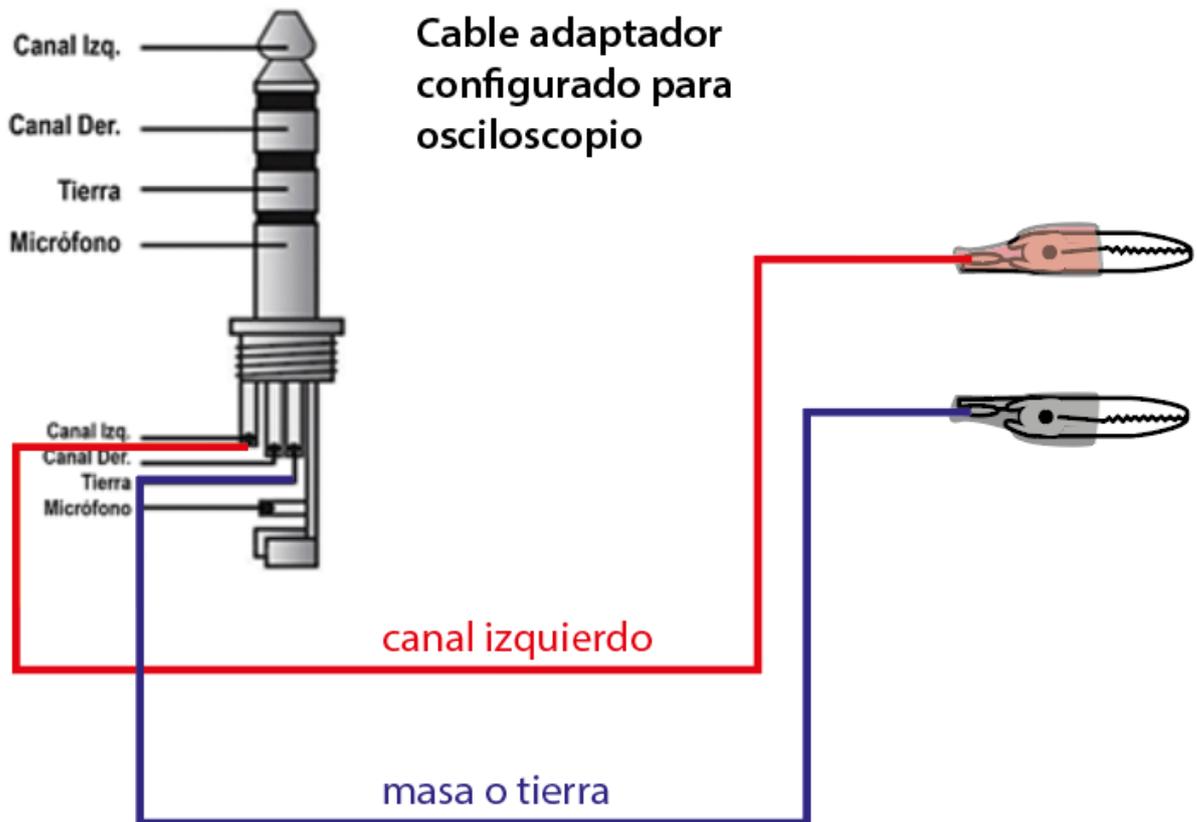


Fig. 24 Cable adaptador configurado como osciloscopio.

### Esquema 3: Circuito RC

El esquema muestra el circuito RC correspondiente al experimento 1, muestra el valor y la posición de los componentes, así como los puntos de conexión al cable adaptador.

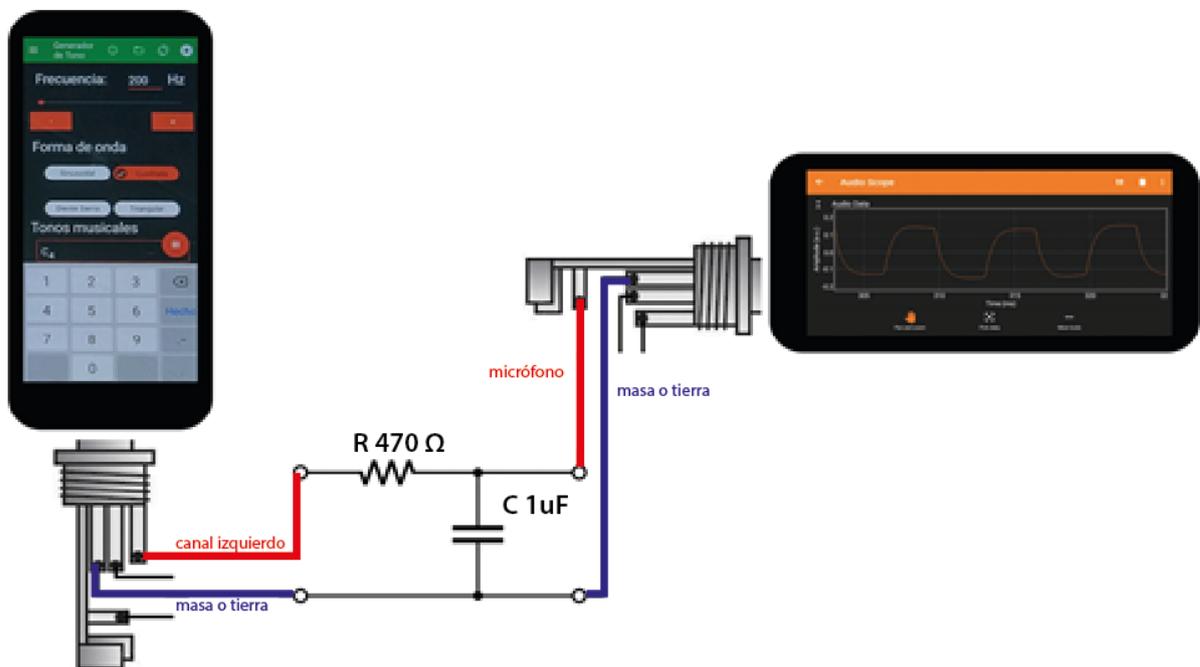


Fig. 25 Conexión del circuito RC.

## Esquema 4: Circuito RL

El esquema muestra el circuito RL correspondiente al experimento 2, muestra el valor y la posición de los componentes, así como los puntos de conexión al cable adaptador.

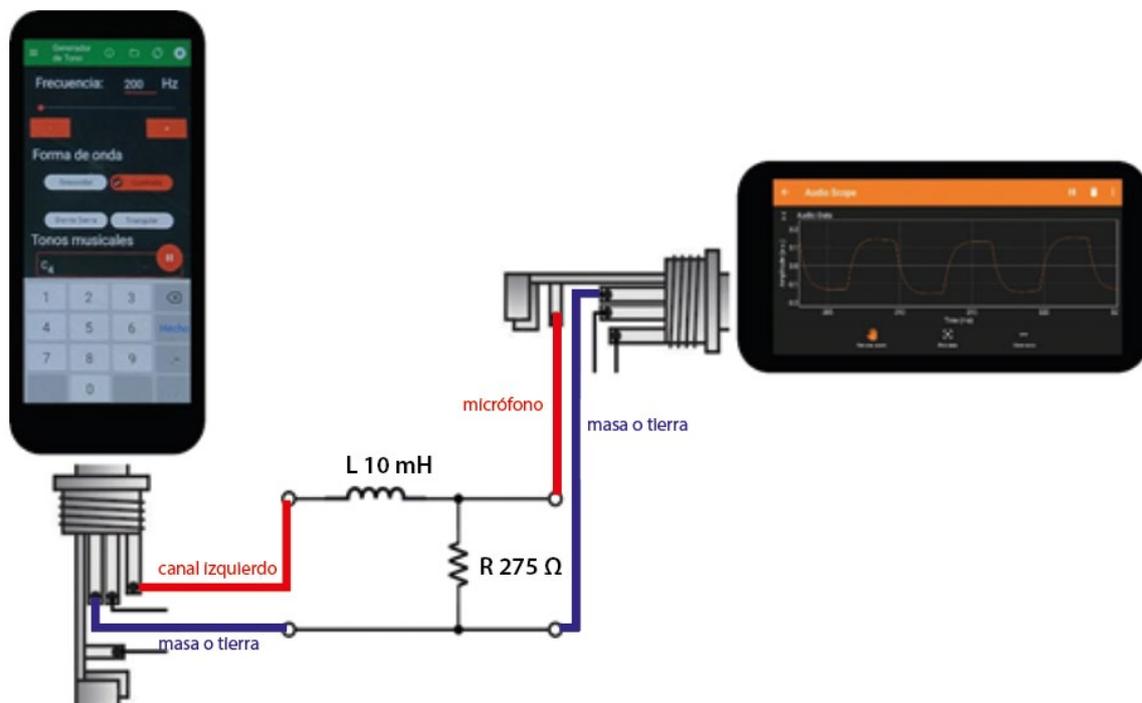


Fig. 26 Conexionado circuito RL.

## Esquema 5: Circuito RLC

El esquema muestra el circuito RLC correspondiente al experimento 3, muestra el valor y la posición de los componentes, así como los puntos de conexión al cable adaptador.

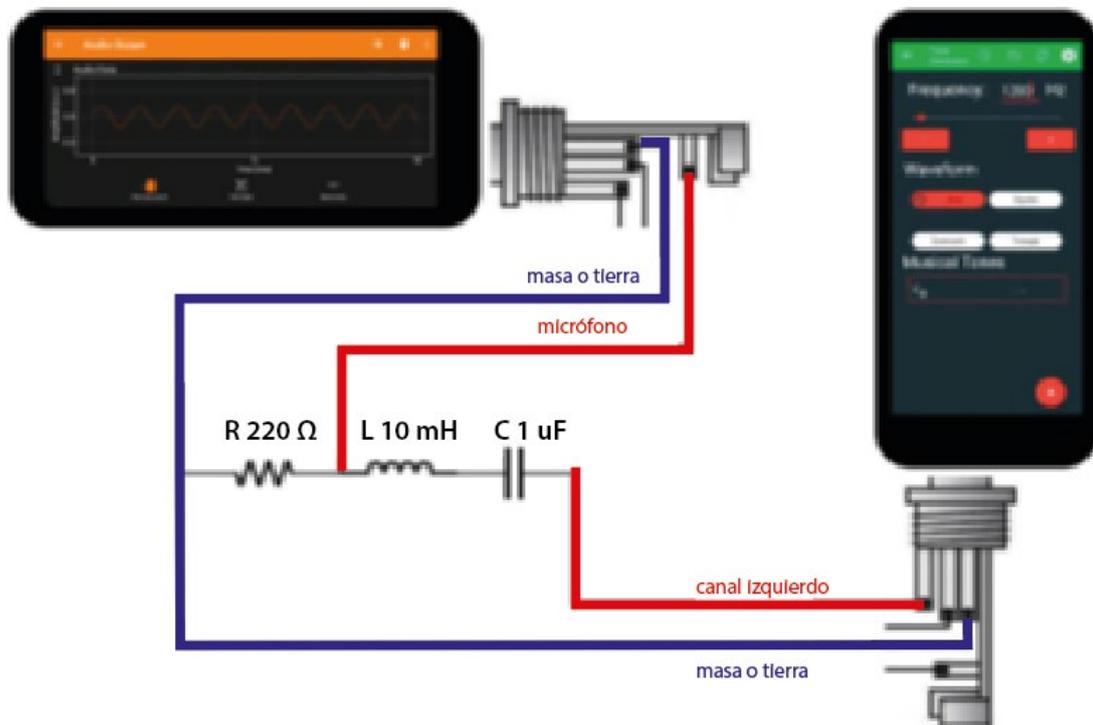


Fig. 27 Conexión del circuito RLC.

## 3. Pliego de condiciones

### 3.1 Objeto

En el presente pliego de condiciones, se definirán las condiciones mínimas requeridas para la realización de las pruebas experimentales que versan sobre la utilización de teléfonos inteligentes mediante la construcción de un cable adaptador y las aplicaciones Physics Toolbox y *Phyphox* configurando estos elementos para permitir el estudio de circuitos RL, RC y RLC con carácter docente. Asegurando su desarrollo con todas las garantías de eficiencia y seguridad.

### 3.2 Normativa

Como base de referencia normativa, se atenderá a las normas IPC-2221 e IPC-2222, referida al diseño de circuitos, describiendo las directrices sobre colocación de componentes electrónicos, su distribución, conexionado y a su vez, también define el dimensionamiento de las placas electrónicas.

Se atenderá también a la normativa de seguridad eléctrica: Norma UL 60950-1 que establece la seguridad a la hora de trabajar con corrientes eléctricas para evitar posibles lesiones.

Todos los componentes empleados en el desarrollo de las pruebas experimentales, cumplirán la normativa contra riesgo de EMC, normativa EN 55032 que establece el protocolo a seguir para evitar el riesgo de interferencias electromagnéticas en los equipos electrónicos.

A la hora de la gestión de residuos derivados de las pruebas experimentales desarrollada, se atenderá la norma ISO 14001 en donde se pueden encontrar los protocolos a seguir para el tratamiento de posibles residuos electrónicos, su gestión y reciclaje para evitar la contaminación del medioambiente.

La normativa UNE 20-050-74 que rige la distinción cromática de las resistencias y su clasificación atendiendo a su impresión cromática estandarizada sobre el propio componente.

Normativa que concierne a condensadores cerámicos y electrolíticos, sus propiedades, código de colores, composición y uso: UNE-EN 60384-24:2015, UNE 20-050-74 y UNE 20-531-73.

Normativa UNE-EN IEC 60938-2:2021, sobre Inductores fijos para supresión de interferencias electromagnéticas. Especificación intermedia sobre choques de línea de alimentación y componentes pasivos inductivos.

### **3.3 Condiciones de los materiales**

*Para la elaboración de pruebas experimentales que versan sobre la utilización de teléfonos inteligentes mediante la construcción de un cable adaptador y las aplicaciones Physics Toolbox y *Phyphox* configurando estos elementos para permitir el estudio de circuitos RL, RC y RLC con carácter docente. Se emplean materiales físicos como terminales móviles, cable adaptador y componentes electrónicos, así como software de terceros que permite la implementación de las utilidades necesarias para el estudio de los circuitos.*

#### **3.3.1 Componentes electrónicos**

##### **3.3.1.1 Resistencias**

Para la ejecución de las pruebas experimentales se emplearán resistencias de película de carbono dado que este tipo de resistencias son comunes y económicas. Fabricadas de una película de carbono sobre un sustrato cerámico, pueden manejar una potencia de hasta 1/2 W, además este tipo de resistencias son estables y precisas, por lo que cubren a la perfección las exigencias de las pruebas experimentales del proyecto.

Este tipo de resistencias disponen de una impresión cromática estandarizada sobre el propio componente que permite la identificación de su valor. Las series existentes se distribuyen en E6, E12 y E24.

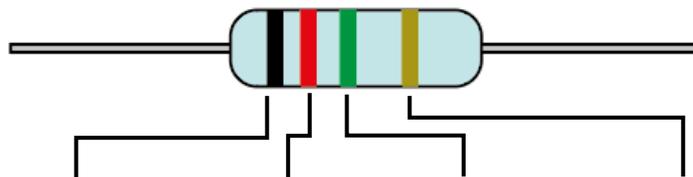
Para representar la resistencia y tolerancia, se usan 4 bandas de colores o 5, dependiendo de la gama de valores. Si la resistencia tiene 4 bandas, las bandas 1 y 2 son los números enteros del valor, la banda 3 es el exponente que multiplica a esos números y la banda 4 muestra el valor de la tolerancia. Si la resistencia tiene 5 bandas, las bandas 1, 2 y 3 son los números enteros del valor, la banda 4 es el exponente que multiplica a esos números y la banda 5 muestra el valor de la tolerancia.

Algunas resistencias tienen el valor del coeficiente de temperatura con dos bandas adicionales. La tolerancia es un porcentaje del valor nominal que indica la precisión de la resistencia fabricada.

Se usará una tolerancia más o menos estricta según el nivel de exactitud requerido. Los valores de tolerancia más usuales son 5%, 10% y 20%.

Otro aspecto importante en la selección es la disipación de la potencia. Para circuitos de baja potencia como los implementados en las pruebas experimentales, no será necesario el empleo de resistencias con grandes disipaciones de potencia.

Se puede observar el código de colores que determina el valor de los componentes resistivos de 4 bandas en la tabla 2.



Color	1ª Banda	2ª Banda	3ª Banda Multiplicador	Tolerancia
Negro	0	0	X1	
Marrón	1	1	X10	
Rojo	2	2	X100	2%
Naranja	3	3	X1000	
Amarillo	4	4	X10000	
Verde	5	5	X100000	
Azul	6	6	X1000000	
Violeta	7	7	X10000000	
Gris	8	8	X100000000	
Blanco	9	9	X1000000000	
				Dorado 5%
				Plata 10%

Tabla 2. Código de colores de resistencias 4 bandas.

Dado los resultados calculados en la memoria, para la ejecución de las pruebas experimentales, se emplearán los siguientes valores de resistencias:

Prueba experimental	Valor óhmico de Resistencia	Tolerancia	Código de colores
<b>Experimento 1</b>	470 $\Omega$	5%	Amarillo, Negro, Marrón y Dorado
<b>Experimento 2</b>	275 $\Omega$	5%	Rojo, Violeta, Verde y Dorado
<b>Experimento 3</b>	220 $\Omega$	5%	Rojo, Rojo, Marrón y Dorado

Tabla 3. Correspondencia valores escogidos y banda de colores.

### 3.3.1.2 Condensadores

Para la ejecución de las pruebas experimentales se pueden emplear condensadores cerámicos o condensadores electrolíticos, atendiendo al valor nominal del mismo como único requisito, así como su tensión nominal y potencia, valores que quedan definidos en la memoria.

Un condensador electrolítico es un tipo de condensador que usa un líquido iónico como uno de sus electrodos y una película de óxido metálico como dieléctrico. Tiene una gran capacidad de almacenar carga eléctrica, pero también una polaridad fija y una vida útil limitada. Se usa principalmente en circuitos de baja frecuencia y filtrado de corriente continua. Si se emplean este tipo de condensadores, se deberá de tener especial cuidado en la polarización del mismo, ya que, si se polariza de forma errónea al ser conectado, puede producir la destrucción del componente llegando incluso a explotar, provocando daños personales.

Para identificar la polaridad de un condensador electrolítico, deberemos fijarnos en las marcas que tiene en su cuerpo. Generalmente, el terminal positivo se indica con un signo más (+) y el terminal negativo se indica con una franja o una flecha. También podemos identificar la polaridad si el componente es nuevo y no ha sufrido modificaciones en sus terminales, ya que, de fábrica, el terminal

más largo identifica el terminal positivo mientras que el terminal más corta identifica el negativo.

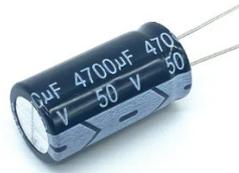


Fig. 28 Condensador electrolítico.

Para conectar correctamente un condensador electrolítico, debes respetar la polaridad indicada en el símbolo del condensador en el diagrama esquemático del circuito. El terminal positivo del condensador debe ir al mismo cable o punto positivo que alimenta el circuito, y el terminal negativo debe ir al mismo cable o punto negativo que cierra el circuito.

Por otro lado, un condensador cerámico es un tipo de condensador que usa un disco de material cerámico como dieléctrico y dos capas de metal como electrodos. Tiene una capacidad de almacenar carga eléctrica menor que el electrolítico, pero no tiene polaridad y tiene mejores características en alta frecuencia. Se usa principalmente en circuitos de acoplamiento, resonancia, compensación de temperatura y desacoplamiento. En nuestro caso, podemos emplearlos, aunque su respuesta en frecuencia no es relevante ya que trabajamos a bajas frecuencias.

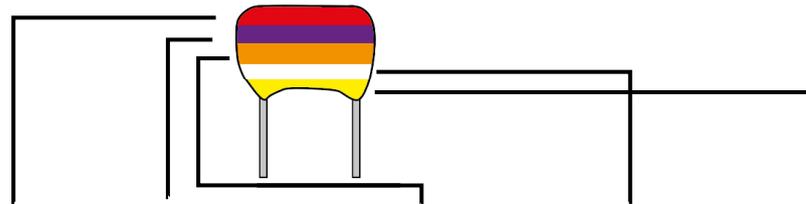
Los condensadores cerámicos suelen llevar al igual que los electrolíticos el valor de su capacidad nominal impresa en el encapsulado, así como su tensión nominal. En ocasiones, al igual que las resistencias comentadas en el apartado anterior, emplean un código de colores impreso en el propio componente para definir sus valores.



Fig. 29 Diferentes encapsulados de condensadores.

La tolerancia es un dato que acompaña al valor nominal y se indica con un color o una letra adicional. A veces, también se muestra la tensión nominal y el coeficiente de temperatura.

En la tabla 4, podemos observar el código de colores, representativo de las características de algunos condensadores cerámicos.



Color	1ª Banda	2ª Banda	3ª Banda Multiplicador	Tolerancia	Tensión
Negro	-	0	X1	20%	-
Marrón	1	1	X10	1%	100V
Rojo	2	2	X100	2%	250V
Naranja	3	3	X1000	-	-
Amarillo	4	4	X10000	-	400V
Verde	5	5	X100000	5%	-
Azul	6	6	X1000000	-	630V
Violeta	7	7	X10000000	-	-
Gris	8	8	X100000000	-	-
Blanco	9	9	X1000000000	10%	-

Tabla 4. Código de colores de condensadores cerámicos.

Dado los resultados calculados en la memoria, para la ejecución de las pruebas experimentales, se emplearán los siguientes valores de condensador:

Prueba experimental	Capacitancia	Tolerancia	Código de colores
<b>Experimento 1</b>	1 uF	10%	electrolítico
<b>Experimento 2</b>	No procede		
<b>Experimento 3</b>	1 uF	10%	electrolítico

Tabla 5. Resumen valores de los condensadores seleccionados para cada circuito.

### 3.3.1.3 Bobinas

Una bobina, también llamada inductor, es un componente pasivo de un circuito electrónico que almacena energía en forma de campo magnético cuando circula corriente por ella. Una bobina está formada por un alambre conductor enrollado en espiras alrededor de un núcleo, que puede ser de aire o de algún material ferromagnético. La bobina tiene varias funciones en un circuito, como filtrar señales, generar campos electromagnéticos, almacenar y liberar energía, o actuar como interruptor.

La bobina tiene dos terminales, que se conectan al circuito según la polaridad indicada. La capacidad de almacenar energía de una bobina depende de su inductancia, que se mide en henrios (H). La inductancia de una bobina depende de factores como el número de espiras, el área de la sección, la longitud del alambre, el material del núcleo y la proximidad a otras bobinas. Existen diferentes tipos de bobinas según su forma, tamaño, núcleo y valor.

Para la ejecución de las pruebas experimentales se pueden emplear bobinas de cualquier tipo, siempre que se atienda a las especificaciones de valores descritas en la memoria. En nuestro caso, hemos optado por emplear inductores de ferrita.



Fig. 30 Ejemplo encapsulado de una bobina.

El valor nominal de la inductancia suele ir serigrafiado en el propio encapsulado del componente.

Dado los resultados calculados en la memoria, para la ejecución de las pruebas experimentales, se emplearán los siguientes valores de inductancia:

Prueba experimental	Inductancia	Tolerancia
Experimento 1	No procede	
Experimento 2	10 mH	10%
Experimento 3	10 mH	10%

Tabla 6. Resumen valores de las bobinas seleccionadas para cada circuito.

### **3.3.2 Cableado y elementos de montaje**

#### **3.3.2.1 Conductores eléctricos**

Para la conexión de componentes en la propia placa de prototipado rápido, se empleará cable de cobre flexible unifilar con sección de  $0,5 \text{ mm}^2$  aislado mediante recubrimiento de PVC.

La interconexión de componentes se puede realizar también empleando directamente los terminales de los propios componentes electrónicos.

Para la creación del cable adaptador con doble cocodrilo a jack de 3,5 mm, se empleará cable con sección mínima de  $0,22 \text{ mm}^2$  y máxima de  $0,35 \text{ mm}^2$  para evitar la influencia de su resistencia eléctrica y minimizar la pérdida de señal. El cable tendrá en uno de sus extremos un conector jack de 3,5 mm y su longitud será de 50 cm de longitud.

#### **3.3.2.3 Placa de prototipado rápido**

Una protoboard, o placa de prototipado rápido, es prácticamente una PCB temporal con una forma y tamaño generalizados. Utilizada comúnmente para pruebas y prototipos temporales de circuitos. Se usa insertando los terminales de los dispositivos electrónicos en los orificios de la protoboard de la forma en que tengan continuidad.

Se empleará un protoboard para el montaje y comprobación de cada uno de los experimentos planteados. Este tipo de montaje tiene carácter temporal, puesto que el conexionado de los elementos en la protoboard, no presenta la suficiente fiabilidad como para garantizar la fiabilidad del circuito con movimientos o interacciones con el mismo, pero en nuestro caso, al ser mediciones concretas experimentales, será de gran utilidad.

Las protoboard, se suelen clasificar según su tamaño:

- Grande: Comúnmente tienen 830 puntos de conexión divididos en dos segmentos. Uno de 63 líneas con cinco puntos de conexión cada una y cuatro líneas a los extremos, de 25 puntos de conexión para la alimentación de voltaje y tierra del circuito.
- Mediana: Comúnmente tienen 400 puntos de conexión divididos en dos segmentos. Uno de 30 líneas con cinco puntos de conexión cada una y cuatro

líneas a los extremos, de 25 puntos de conexión para la alimentación de voltaje y tierra del circuito.

- Pequeña: Comúnmente tienen 170 puntos de conexión divididos en dos segmentos de 17 líneas con cinco puntos de conexión cada una. No tienen líneas para la alimentación del circuito, por lo que no hay tierra común, o línea de voltaje común designada.

Para la ejecución de las pruebas experimentales se empleará una protoboard grande o mediana, descartando la protoboard pequeña.

Las conexiones en las protoboards se deben de realizar de una forma específica. Los puntos de conexión están unidos por una línea de forma horizontal. Por ejemplo, al conectar algún componente en la fila "1", en la columna "a" todos los puntos de conexión que están en la fila "1" del segmento "abcde" estarán haciendo contacto con el terminal del componente

Antes del montaje, se realizarán las siguientes comprobaciones previas sobre la placa de prototipado rápido:

- Revisar la continuidad de las líneas de alimentación:

Se deberá revisar la continuidad en las líneas de alimentación, éstas se encuentran a los costados de la protoboard grande y mediana. Comúnmente están señaladas por un símbolo "+" de color rojo y una línea roja al costado de los puntos para la línea de alimentación V+, y con un símbolo "-" de color azul y una línea azul al costado de los puntos de conexión para la línea de alimentación V- o GND (Dependiendo del tipo de circuito a realizar).

Se deberá comprobar la buena continuidad entre cada uno de los puntos continuos de una misma fila, es decir, todos los puntos de la fila positiva, deben tener continuidad entre sí. También se debe comprobar la no continuidad entre ambas filas, es decir, ningún punto de la fila positiva debe estar comunicado con un punto de la línea negativa, ya que este hecho provocaría un cortocircuito.

Para revisar la continuidad de las líneas de alimentación, se empleará un multímetro, seleccionando la función medir continuidad. Se emplearán las puntas de prueba para comprobar cada una de las líneas tal y como se ha descrito. Cuando haya continuidad el multímetro emitirá un pitido.

En algunas protoboards grandes las líneas de alimentación pueden estar divididas en su mitad de fila, por lo que no hay continuidad en toda la extensión de la línea. En este caso la comprobación se realizará en dos fases.

- Revisa continuidad de las líneas de conexión.

Lo siguiente será revisar las líneas de conexión. Las protoboard están divididas en dos segmentos con varias líneas de conexión. Estas constan de cinco puntos de conexión cada una. Para revisar la continuidad entre estos cinco puntos de conexión se puede usar nuevamente el multímetro con su función de medir continuidad, cada uno de esos 5 puntos deben tener continuidad únicamente entre sí, es decir, deben tener continuidad de la “a” la “e” y de la “f” a la “j”, pero no entre un grupo y otro ni tampoco entre esos grupos y las líneas de alimentación.

A la hora del montaje, se deberán realizar conexiones limpias y ordenadas para ayudar a identificar más fácilmente cualquier fallo que pueda tener el montaje. Se emplearán cables flexibles para conectar las líneas de alimentación “+” y “-” en cada uno de los puntos que sea necesario según los esquemas de los circuitos a montar en cada uno de los experimentos planteados.

La alimentación del circuito se realizará siempre en último lugar, tras revisar el esquema y las conexiones del montaje, de esta forma minimizaremos la posibilidad de daños en los componentes empleados.

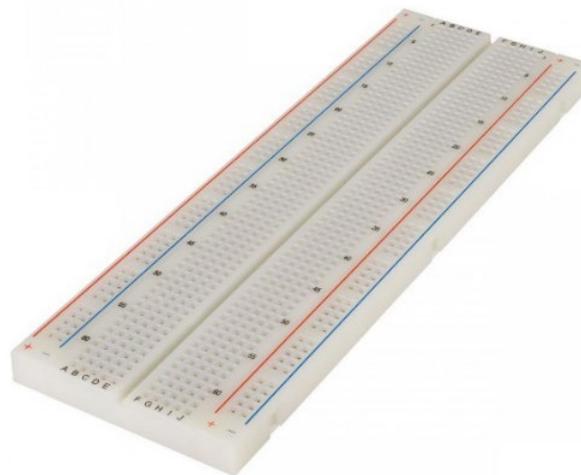


Fig. 31: Placa de prototipado rápido empleada.

### 3.3.2.4 Terminales cocodrilo

Para la creación del cable adaptador, se soldarán dos terminales cocodrilo, uno rojo y uno negro según como se especifica en la memoria.

Las especificaciones técnicas mínimas de los conectores que se emplearan son:

- Deberán estar aislados eléctricamente, valor mínimo de tensión soportado 220 V.
- Tamaño de pinza de 30 mm.
- Dos colores identificativos, se recomienda Rojo y Negro.



Fig. 32: Conectores cocodrilo negro y rojo.

### 3.3.3 Herramienta y material complementario

Para poder crear el cable adaptador, se deberá contar con herramienta y material complementario para su elaboración.

#### 3.3.3.1 Soldador y estaño

El soldador deberá de poseer un mango antitérmico y una puntera fina/media en buen estado. Cumpliendo los estándares de calidad y fabricación marcados dentro del marco legal de la unión europea, designado con el correspondiente marcado CE.

La potencia mínima recomendada es de 30 W, esta potencia asegurará llegar a la temperatura necesaria para fundir el estaño que permita realizar correctamente las soldaduras.



Fig. 33: Soldador con soporte.

Para minimizar los riesgos asociados con la soldadura con estaño, es fundamental seguir algunas medidas de seguridad. En primer lugar, se debe trabajar en un área bien ventilada para evitar la acumulación de humos tóxicos. Si es posible, se recomienda utilizar sistemas de extracción de humos o ventiladores para mantener el aire limpio. Además, es importante utilizar un soldador con una punta adecuada y en buen estado. Una punta desgastada o dañada puede generar más humo y residuos, aumentando los riesgos para la salud. También se recomienda usar un flux adecuado para minimizar la formación de humos tóxicos.

Otra precaución importante es evitar tocar el metal caliente con las manos desnudas. Se deben utilizar pinzas o herramientas adecuadas para manipular los componentes y evitar quemaduras.

El estaño para soldadura con plomo está prohibido en España desde el año 2006, por una directiva comunitaria que restringe el uso de sustancias peligrosas en equipos eléctricos y electrónicos (RoHS). Esta medida se tomó para proteger la salud humana y el medio ambiente de los efectos nocivos del plomo, que puede causar irritación, dermatitis, intoxicación y contaminación.

Existen alternativas al uso de estaño plomo, como el estaño libre de plomo o el estaño con aleaciones de plata, cobre o bismuto. Estos materiales tienen diferentes propiedades, como el punto de fusión, el flujo o la resistencia, que hay que tener en cuenta a la hora de elegir el estaño adecuado para cada aplicación.

Para ejecutar el presente proyecto se utilizarán aleaciones de **estaño libre de plomo**, existen varias composiciones alternativas de estaño que no llevan plomo. Algunas de ellas son:

- Estaño 95% - Antimonio 5%: Esta aleación tiene una temperatura de fusión de 240°C y es adecuada para conexiones electrónicas sensibles.
- Estaño 95% - Plata 5%: Esta aleación tiene una temperatura de fusión de 221°C y ofrece una buena resistencia mecánica y térmica.

- Estaño 96% - Plata 4%: Esta aleación tiene una temperatura de fusión de 221°C y es una de las más usadas en la industria electrónica por su buena conductividad y fluidez.
- Estaño 97% - Cobre 3%: Esta aleación tiene una temperatura de fusión de 227°C y es una opción económica y ecológica para soldaduras generales.
- Estaño 97% - Plata 3%: Esta aleación tiene una temperatura de fusión de 221°C y es una de las más resistentes a la corrosión y la fatiga.
- Estaño 99% - Cobre 1%: Esta aleación tiene una temperatura de fusión de 227°C y es una de las más puras y con menor contenido de impurezas.

La potencia de soldador seleccionada, permite el uso de cualquiera de las aleaciones de estaño listadas anteriormente, por lo que se podrá emplear cualquiera de ellas a voluntad.

### 3.3.3.2 Herramienta de mano

Para manipular y adaptar los cables, se empleará algún elemento cortante, pelacables o alicante. Todos ellos por seguridad deberán contar con un correcto aislamiento eléctrico y cumplir con la normativa estándar europea certificada con el correspondiente marcado CE.

### 3.3.3.4 Cinta aislante

La cinta aislante está diseñada específicamente para aplicaciones eléctricas, ya que aísla y protege los cables y conexiones eléctricas. Está fabricada con materiales no conductores y puede soportar corrientes eléctricas sin provocar cortocircuitos. También es resistente al calor y protege contra la humedad. Por último, la cinta eléctrica tiene un adhesivo que proporciona una buena adherencia a sí misma y al cableado eléctrico.

Existen varios tipos de cintas aislantes:

- La cinta eléctrica de vinilo es conocida por su flexibilidad, elasticidad y aislamiento eléctrico. Suele utilizarse para aislar y proteger cables eléctricos, empalmes y conexiones.
- La cinta termo retráctil se utiliza junto con los tubos termo retráctiles para proporcionar aislamiento y sellado adicionales.

- La cinta de blindaje contra interferencias electromagnéticas (EMI) está diseñada para ofrecer protección contra las interferencias electromagnéticas y las interferencias de radiofrecuencia.

Para el caso que nos atañe, vemos muy recomendable emplear cinta termo retráctil, para el aislamiento de los terminales del cable adaptador, ya que permitirá una mayor durabilidad del mismo dado que es un cable que está pensado para ser transportado junto con los terminales móviles para poder ser empleados en cualquier espacio.

### 3.3.4 Terminales móviles

Para ejecutar la fase experimental, se debe disponer de dos teléfonos inteligentes con sistema operativo Android o iOS, que tenga instalada la aplicación Physics Toolbox y Phyx.

Hemos decidido emplear dos teléfonos de gama media, con conector jack de 3,5 mm. Se podrían emplear otros terminales móviles de gama baja o gama alta siempre que dispongan de sistema operativo Android o IOS, ya que la única condición fundamental es que disponga de sensor y generador de sonido, es decir, micrófono y altavoz, este tipo de sensor está incorporado en todos los dispositivos móviles, desde gama baja a gama alta, ya que es imprescindible para hablar por teléfono. Los modelos y especificaciones técnicas de los mismos se pueden consultar en la memoria del proyecto apartado 1.6.1.

En nuestro caso la salida de sonido de auriculares, se realiza a través de un conector jack, que es una solución más sencilla para que el usuario final pueda crear su propio cable adaptador.

A la hora de realizar las pruebas experimentales, se deberá de tener en cuenta una serie de actuaciones previas en los terminales móviles:

- Cargue previamente los terminales para mantener un nivel de batería elevado durante la ejecución de las pruebas.
- Compruebe tener configurada su cuenta de usuario de google o su cuenta de usuario de iCloud para poder tener acceso a la tienda de aplicaciones oficial.
- Instales y compruebe el buen funcionamiento de las aplicaciones necesarias antes de la ejecución de los experimentos.

### **3.3.5 Software**

Para ejecutar la fase experimental, se emplearán las aplicaciones Physics Toolbox y Phyphox. En este apartado se mostrarán ambas en detalle, sus características, uso y especificaciones.

Emplearemos la opción Audio Scope que ofrece el software Phyphox, para utilizar nuestro teléfono como osciloscopio. Esto permite visualizar cualquier señal de audio a través de la entrada Jack del dispositivo.

Emplearemos el generador de tonos proporcionado por la aplicación Physics Toolbox Suite para que nuestro teléfono móvil se comporte como un generador de señales.

#### **3.3.5.1 Phyphox**

- **Sensores:**

Phyphox permite utilizar los prácticamente la totalidad de los sensores del teléfono para realizar experimentación con ellos. Por ejemplo, detecta la frecuencia de un péndulo con el acelerómetro o mide el efecto Doppler con su micrófono.

Actualmente, Phyphox admite las siguientes entradas y salidas:

- Entradas:
  - Acelerómetro
  - Magnetómetro
  - Giroscopio
  - Sensor de luz
  - Presión
  - Sensor de proximidad
  - Micrófono
  - GPS/Ubicación
  - Bluetooth para dispositivos personalizados (solo disponible en Android)

- Salidas
  - Altavoz
  - Bluetooth para dispositivos personalizados (solo disponible en Android)

No todos los teléfonos tienen el mismo conjunto de sensores y es posible que en el futuro se agreguen nuevos sensores a Phyphox (por ejemplo, el uso de la cámara o el GPS).

Desde IOS no es posible utilizar el sensor de luz, esto es debido a que Apple no tiene una interfaz para acceder a este sensor. Los dispositivos iPhone tienen un sensor de luz, pero no existe una forma oficial de que una aplicación acceda a él. Existen algunos métodos de bajo nivel, pero las aplicaciones que utilizan estos métodos no están permitidas en la App Store de Apple.

Es posible que encuentre otras aplicaciones que le brinden una medida del "brillo", pero usan el brillo de la pantalla como un indicador indirecto de un cambio en el brillo del entorno o usan la cámara frontal para brindarle una lectura directa. Dado que Phyphox aún no es compatible con la cámara, no se puede hacer uso de este método para obtener las medidas lumínicas, además, se debe tener en cuenta que existe una diferencia sutil pero importante entre las lecturas de la cámara y el sensor de luz. El sensor de luz (en Android) mide la iluminancia en Lux. Es decir, el flujo luminoso por área sobre una superficie (en este caso, el área de detección del sensor). Sin embargo, la cámara le proporciona la luminancia (una diferencia especialmente sutil en el término inglés), que es la intensidad luminosa por unidad de área en una dirección específica. Esto se da en EV (valor de exposición), una unidad utilizada en fotografía y se puede convertir a unidades más comunes si se conocen bien los parámetros de la cámara. Aun así, la cámara sólo mide la luminancia y no la iluminancia.

Esta diferencia se vuelve más clara cuando se considera el siguiente ejemplo. Su teléfono está mirando hacia el sol. La cámara y el sensor de luz muestran que es muy brillante. Ahora, si gira su teléfono lejos del sol, la iluminancia disminuirá gradualmente a medida que la sección transversal de su teléfono (o el área de detección de su sensor) se haga más pequeña hasta que la iluminancia llegue a cero cuando su teléfono esté perpendicular al sol. Sin embargo, la cámara mostrará la misma luminancia mientras el sol esté en su campo de visión. Tan pronto como el sol sale del campo de visión, la luminancia cae a cero casi inmediatamente. Esto depende en gran medida del campo de visión (distancia focal) de la cámara.

- Sistema de coordenadas:

A la hora de trabajar con la herramienta Phypox, es importante tener en cuenta como se encuentran definidos los ejes de coordenadas, el eje “z” es perpendicular a la pantalla y apunta hacia afuera. El eje “x” apunta hacia la derecha cuando se sostiene el dispositivo en su posición predeterminada. Para los teléfonos, esto significa que apunta hacia la derecha mientras mira la pantalla en orientación vertical (vertical). El eje “y” apunta hacia arriba a lo largo del lado largo del teléfono. Sin embargo, en algunas tabletas más grandes, la orientación predeterminada puede ser horizontal (horizontal), en cuyo caso x apunta a lo largo del lado largo del dispositivo. La siguiente figura 34 muestra la distribución de los ejes mediante una simulación gráfica.

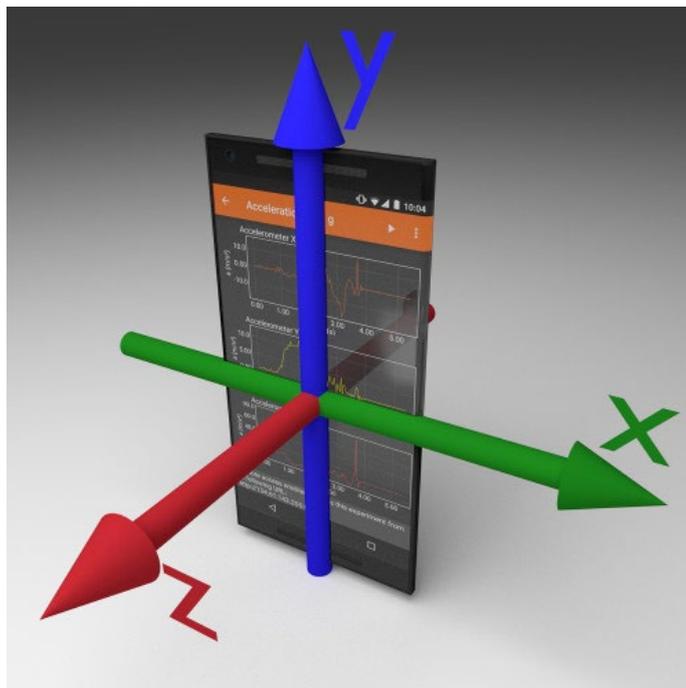


Fig.34 ejes de coordenadas Phypox.

- Exportación de datos:

La aplicación Phypox permite exportar los datos obtenidos en muchos formatos comunes para analizarlos en otras aplicaciones con posterioridad o para ser almacenados o compartidos.

Actualmente, Phyphox admite los siguientes formatos de exportación:

- Valores separados por comas (CSV)
  - Valores separados por tabulaciones
  - MS Excel (xls)
- **Control remoto**

Es posible el control de la aplicación desde cualquier navegador web. Por ejemplo, puede controlar Phyphox desde su ordenador portátil y descargar los datos resultantes directamente al escritorio.

Phyphox se puede controlar de forma remota desde cualquier dispositivo que esté en la misma red que el teléfono y tenga un navegador web compatible.

Esta función se considera una de las más interesantes para la docencia, ya que permite emplear los dispositivos del aula como video proyectores, para mostrar al alumnado el uso de la aplicación de forma directa.

#### Configuración de la conexión de red:

Los dos ejemplos típicos de red en dispositivos móviles son la conexión de datos y el WIFI. También se puede crear una red a través de USB o Bluetooth, pero solo está indicado para usuarios avanzados. Por lo general, no se puede conectar directamente otro dispositivo al teléfono a través de la conexión de datos móviles, por lo que la configuración más sencilla y utilizada es el WIFI.

Estar en la misma red ahora significa que el teléfono y el otro dispositivo pueden hablar directamente a través de WIFI. Un ejemplo obvio sería, si ambos dispositivos están conectados a la misma red WIFI (punto de acceso). Por ejemplo, si prueba Phyphox en casa, es muy probable que su ordenador portátil y su teléfono ya estén en la misma red WIFI de su hogar.

Por otro lado, la WIFI en entornos profesionales (centros educativos) no permiten que los dispositivos se comuniquen entre sí o pueden distribuir a los usuarios a diferentes subredes por razones técnicas y de seguridad. Para el caso de redes de entorno profesional, la alternativa más segura es configurar el teléfono como punto de acceso móvil, que permite compartir la conexión a Internet del teléfono con otro dispositivo. Si habilita la función de punto de acceso móvil, su teléfono actúa como un enrutador WIFI y su otro dispositivo puede conectarse a él como a cualquier otra red WIFI. Si configura una contraseña, la conexión está encriptada y segura evitando interacciones no deseadas en la aplicación por parte de terceros.

### Especificaciones del navegador web:

Phyphox es compatible con la mayoría de los navegadores típicos como son Firefox, Chrome, Internet Explorer y Safari. Tenga en cuenta que, especialmente para Internet Explorer, debe asegurarse de tener la versión más reciente para evitar problemas. Muchas otras opciones deberían funcionar tan bien siempre que el navegador admita los estándares más modernos (HTML5 y CSS3, JavaScript debe estar habilitado).

### Creando la conexión:

Teniendo conectado ambos dispositivos a la misma red, tal y como se ha indicado en los apartados anteriores, abriremos el experimento en la aplicación Phyphox del teléfono y seleccionaremos "permitir acceso remoto" en el menú. Confirmaremos la advertencia de seguridad y recibiremos un mensaje en la parte inferior de la pantalla del experimento con una dirección ligeramente críptica como <http://192.168.43.1:8080>.

Para conectar con el terminal móvil, abriremos el navegador web en el dispositivo donde deseemos realizar la conexión e ingresaremos exactamente la dirección que nos facilitó la apelación en la barra de direcciones del navegador. El experimento se mostrará en el navegador y se podrá controlar desde el mismo, así como descargar directamente los datos del mismo.

### Seguridad de la interfaz remota:

Debemos tener en cuenta que el acceso al experimento de forma remota no está cifrado ni protegido con contraseña. Se debe tener precaución a la hora de realizar la conexión ya que, si hay otros dispositivos en la misma red, estos podrían tomar el control del experimento mostrado. Por otro lado, la conexión remota solo da acceso al experimento en ejecución, por lo que no hay datos sensibles.

### Retraso interfaz remota:

Se debe tener en cuenta que puede existir una pequeña latencia entre el experimento mostrado en el terminal móvil y en el dispositivo conectado, esta latencia debería estar muy por debajo de un segundo. Si se experimenta latencias altas, se debe revisar la conexión WIFI empleada, ya que estas latencias suelen estar directamente relacionadas con la saturación de la conexión.

- Experimentos personalizados

Phyphox es una herramienta muy potente, ya que gracias a su editor de experimentos nos permite crear nuestros propios experimentos si no encontramos un experimento definido en su biblioteca estándar. Para la docencia se convierte en una gran ventaja, ya que permite personalizar la experiencia y adaptarla a las necesidades que el docente crea necesarias para cada uno de los experimentos que desee plantear al alumnado. El editor de experimentos es visual y permite generar un archivo simple que define los parámetros del experimento, incluido el análisis de datos. Este archivo puede copiarse al dispositivo móvil o compartirlo con el profesorado o estudiantado para que puedan realizar el experimento diseñado directamente en sus terminales.

Se pueden encontrar una guía técnica completa en el anexo 2, acerca del detalle y estructura de un archivo Phyphox generado para crear un experimento personalizado en formato XML.

Se puede encontrar un guía completa de la interface editor en anexo 3.

- Compatibilidad

Phyphox se ejecuta en todos los dispositivos Android desde Android 4.0 y en iPhone desde iOS 8.

- Configuración del idioma

Phyphox elige el primer idioma admitido de la lista de idiomas preferidos configurada en Android/iOS. Si se desea un idioma diferente, se debe configurar en la configuración del teléfono, si el idioma principal de su teléfono no es compatible con Phyphox, se elegirá un idioma compatible atendiendo al orden de preferencia de idioma configurado en su dispositivo móvil. La figura 35, muestra como configurar la preferencia de idioma en IOS.

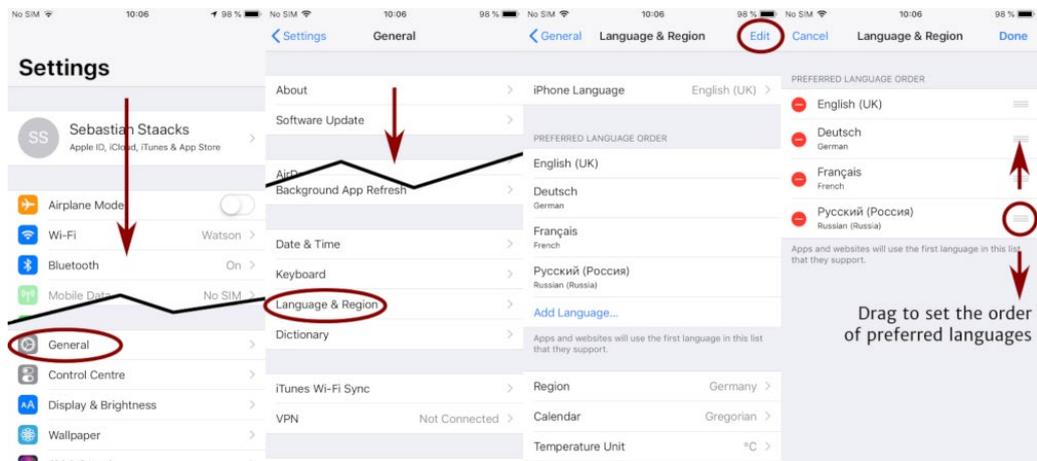


Fig. 35 selección de idioma en IOS.

- **Derechos de uso e imagen:**

Phyphox está escrito con código fuente abierto bajo licencia GNU GPL 3.

Cualquier persona puede utilizar Phyphox de forma gratuita y sin condiciones.

La mayor parte de la información ofrecida en la web oficial de Phyphox, está sujeta a la licencia Creative Commons, por lo tanto, en general, se puede utilizar libremente el logotipo de Phyphox, capturas de pantalla de la aplicación, el material suministrado como material de prensa en la parte inferior del sitio web y cualquier parte de sus videos (en los términos de la licencia Creative Commons Attribution). Este tipo de permisos es muy útil a la hora de elaborar contenido para uso docente.

La licencia de Phyphox, permite su uso también con carácter científico, sin importar si se trata de educación física, investigación fundamental, ingeniería o cualquier otra disciplina académica.

### 3.3.5.2 Physics Toolbox

Esta aplicación utiliza los sensores internos de los teléfonos inteligentes para recopilar, mostrar, registrar y exportar archivos de datos csv. Su uso está extendido en la comunidad científica tanto en casos de investigación y como de desarrollo. También se recomienda su uso para uso docente, planes para educativos del campo de la ciencia, la tecnología, ingeniería y matemáticas (STEM), incluidos la física. La disponibilidad, precisión y exactitud del sensor dependen del hardware disponible en el teléfono inteligente utilizado.

- **Modos de uso**

Los diferentes modos de uso que incluye en cuanto al uso de sensores, generadores y análisis de datos son los siguientes:

- Cinemática:

Medidor de fuerza G - relación de  $F_n/F_g$  (x, y, z y/o total).

Acelerómetro lineal - aceleración (x, y, y/o z).

Giroscopio - velocidad radial (x, y, y/o z).

Inclinómetro - azimut, balanceo y cabeceo.

Transportador - ángulo desde vertical u horizontal.

- Acústica:

Sonómetro – Medidor de intensidad sonora.

Detector de tonos - frecuencia y tono musical.

Generador de tonos – generador de frecuencia de sonido.

Osciloscopio - forma de onda y relación de amplitud de espectro.

Analizador de espectro – gráfico FFT.

Espectrograma - FFT en cascada.

- Luz:

Fotómetro - Intensidad de luz

Detector de color - detecta colores HEX dentro de una pequeña área de limitada por un rectángulo en la pantalla a través de la Cámara.

Generador de color - R/G/B/Y/C/M, blanco y color personalizado.

Proxímetro – movimiento periódico y temporizador (modo temporizador y péndulo).

Estroboscopio (beta) – mediante el flash de la cámara.

WIFI – mide la fuerza de la señal Wifi.

- Magnetismo:

Brújula - magnética campo dirección y burbuja.

Magnetómetro de nivel - intensidad del campo magnético (x,y,z y/o total).

Magna AR – visualización en realidad aumenta de los vectores representativos del campo magnético.

- Otros:

Barómetro – mide la presión atmosférica.

Regla – mide la distancia entre dos puntos

GPS - latitud, longitud, altitud, velocidad, dirección y número de satélites.

Temperatura del Sistema - temperatura de la batería



- Combinación:

Multi Record – permite elegir uno o más de los sensores descritos anteriormente para recolectar datos en al mismo tiempo.

Sensor dual - muestra datos de dos sensores en un gráfico en tiempo real.

Rodillo Coaster - medidor de fuerza G, acelerómetro lineal, giroscopio y barómetro de forma simultánea.

- Trazado:

Trazado manual de datos – permite ingresar datos manualmente para generar un gráfico.

- Juego:

Modo Juego – plantea desafíos empleando los sensores del dispositivo.

- **Utilidades extras**

- Permite la grabación de las acciones visualizadas en la pantalla, presionando el botón rojo de acción. Podrá encontrar los datos grabados, presionando sobre el icono con forma de carpeta.
- Se puede exportar los datos vía email, Google Drive o Dropbox. Los datos almacenados en la carpeta también pueden ser exportados.
- Podrá visualizar la información y datos de cualquiera de los sensores haciendo clic sobre su icono. Datos como proveedor, mediciones, recursos adicionales etc.
- Permite visualizar los datos en forma gráfica, digital o vectorial.

- Podrá mostrar conjuntos de datos multidimensionales en un único recurso compartido mediante un gráfico o en múltiples gráficos individuales.
- Capacidad de selección del eje o ejes a mostrar durante las representaciones: para datos multidimensionales en un único gráfico, seleccione datos totales, solo eje x, y o z.
- Opción de insertar una marca de tiempo en formato CSV durante las grabaciones.
- Ancho de línea modificable entre: fino, medio o grueso.
- Capacidad de mantener siempre activa la pantalla para evitar cortes de visualización durante los experimentos.
- Posee herramienta de calibración para ajustar los sensores del equipo antes de su uso.
- Tenga en cuenta que no todas las configuraciones están disponibles para todos los sensores.

■ Especificaciones y requisitos

ANDROID		IOS	
<b>Versión actual</b>	2023.01.07	<b>Versión actual</b>	2024.01.28
<b>Requiere</b>	Android 5.1 o superior	<b>Requiere</b>	iOS 15.0 o superior
<b>Clasificación</b>	PEGI 3	<b>Clasificación</b>	+4 años
<b>Licencia de uso</b>	Liberado en 2014, versión PRO de pago	<b>Licencia de uso</b>	Liberado en 2016, versión PRO de pago
<b>Tamaño</b>	70,3 MB	<b>Tamaño</b>	70,3 MB
<b>Idioma</b>	Inglés. Francés, Italiano y Español	<b>Idioma</b>	Inglés. Francés, Italiano y Español

Tabla 7. Requisitos del sistema para uso de la aplicación Physics Toolbox

Puede consultar una guía más detallada en el anexo 4.



## **4. Condiciones de la ejecución**

Dada la naturaleza del proyecto, se plantean dos tipos de ejecución, la ejecución experimental o demostrativa y la implementación del proyecto en un ámbito docente real.

### **4.1 Adquisición de los materiales necesarios**

La compra de todo el material para la parte experimental correrá a cargo del docente o persona, que desee comprobar la idoneidad de las herramientas planteadas en el proyecto para la posterior ejecución de la labor docente o investigadora.

La compra del material para la fase de implantación y puesta en marcha del proyecto experimental en un ámbito docente real, correrá a cargo del departamento o centro encargado del suministro de material de laboratorio para las prácticas docentes de la asignatura en cuestión. Desde este proyecto se aconseja que, en esta fase, los terminales móviles sean aportados por el alumnado, ya que una de las premisas del presente proyecto es familiarizar al alumnado con el uso de su propio terminal móvil como un elemento de estudio científico.

Se deberán comprar los componentes con las especificaciones descritas atendiendo a los criterios de calidad establecidos en la memoria y pliego del presente proyecto.

### **4.2 Fabricación del cable adaptador**

Al igual que el apartado anterior, la ejecución de la creación del cable adaptador, dependerá de si nos encontramos en la fase experimental del proyecto en la fase de implantación.

En la fase experimental, la ejecución de la creación del cable adaptador, correrá a cargo del docente o persona, que desee comprobar la idoneidad del proyecto. La elaboración del cable deberá cumplir con toda la normativa recogida

en el pliego de condiciones en su apartado 3.2, así como con todas las especificaciones técnicas recogidas en el presente proyecto.

Alternativamente, si los terminales móviles empleados no disponen de salida de jack de 3,5 mm, pero sí que disponen de otra salida alternativa como podría ser un conector USB tipo C, se podrá elaborar un cable adaptador con otro tipo de conector que no sea el descrito en el proyecto. Si se opta por esta alternativa, deberán adaptarse todas las especificaciones e instrucciones recogidas en este proyecto, quedando exenta de responsabilidad por parte del autor del proyecto sobre cualquier daño o malfuncionamiento derivado de este cambio.

En la fase de puesta en marcha del proyecto experimental en un ámbito docente real, se optará por elaborar el cable adaptador como una parte más del programa docente o se podrá aportar el cable adaptador ya elaborado al alumnado para que realice las pruebas prácticas de forma directa.

### **4.3 Seguridad en la ejecución**

El uso del software Android/IOS necesario para la ejecución del presente proyecto, requiere de una cuenta de usuario en alguna de las plataformas compatibles, ya sea google o iCloud. El usuario final será el responsable de registrar la cuenta que considere oportuna para la obtención del software necesario. El autor del proyecto no se hace responsable de los datos solicitados por IOS o por Android a la hora de la instalación del software sugerido.

Existen otras alternativas de software similares, pero no están descritas en el presente proyecto y no se puede verificar su fiabilidad, por lo que, cualquier uso de otra aplicación no descrita en el presente proyecto que sea descartada para su correcta ejecución.

El uso del software descrito en el proyecto es completamente gratuito, pero se deben de atender sus condiciones de uso, así como otorgar los permisos necesarios en los terminales móviles para que la lectura y uso de los sensores de los terminales puedan ser empleados por la aplicación. Las aplicaciones no precisan de acceso "root", por lo que no es necesario "rootear" los dispositivos, garantizando la integridad de los mismo.

Para un correcto desarrollo del proyecto descrito en este trabajo, se deberá seguir siempre la normativa de seguridad detallada en el pliego de condiciones.



A su vez, se atenderá a todas las observaciones descritas en la memoria respecto al rango de corrientes al que tienen que trabajar los diferentes componentes que intervienen en el proyecto, para garantizar su integridad.

La fase experimental que se ha descrito en el proyecto, se ha llevado a cabo de forma segura, sin dañar ningún tipo de elemento, no obstante, el autor no se hace responsable de los posibles daños ocasionados a los terminales móviles u a otros elementos durante la ejecución del presente proyecto.

Recuerde que a la hora de ejecutar el presente proyecto se deben guardar los estándares de calidad necesarios para un correcto funcionamiento, tanto legislación nacional de seguridad, como normativa del ámbito europeo.



---

## **5. Pruebas y ajustes finales o de servicio**

Una vez finalizado el proceso de elaboración del cable adaptador, se procederá a ejecutar cualquiera de los tres experimentos descritos en la memoria del proyecto en su apartado “1.7 Parte experimental y cálculo”. Se comprobará que los resultados son correctos y que tanto el cable resultante como el software instalado en los terminales móviles, presentan un buen funcionamiento.

Una vez comprobado el buen funcionamiento, se puede proceder a realizar otras pruebas empíricas empleando los conocimientos adquiridos en este proyecto.

## 6. Presupuesto

Dada la naturaleza del proyecto, se plantean dos tipos de ejecución, la ejecución experimental o demostrativa y la implementación del proyecto en un ámbito docente real. Esto plantea dos posibles escenarios donde calcular el importe de la ejecución del proyecto.

Según fase experimental, la ejecución completa de los tres experimentos planteados en el proyecto tendrán los gastos materiales que se reflejan en la tabla 7:

Descripción	Cantidad	PVP unitario	Totales
Terminal Xiaomi Redmi Note 7	1	179,00 €	179,00 €
Terminal Xiaomi Redmi Note 11	1	199,00 €	199,00 €
Un cable de audio con un conector de 3,5 mm 50 cm	1	1,98 €	1,98 €
terminales tipo cocodrilo negro	2	0,75 €	1,50 €
terminales tipo cocodrilo rojo	2	0,75 €	1,50 €
Soldador	1	8,79 €	8,79 €
Estaño libre de plomo	1	15,00 €	15,00 €
Alicate universal 180mm	1	9,29 €	9,29€
Cinta aislante termo retráctil	1	2,69 €	2,69 €
Resistencia de película de carbono de 470 € 5% 1/2W	1	0,14 €	0,14 €
Resistencia de película de carbono de 275 € 5% 1/2W	1	0,14 €	0,14 €
Resistencia de película de carbono de 220 € 5% 1/2W	1	0,14 €	0,14 €
Condensador electrolítico de 1 uF 10%, 450V	2	0,95 €	1,90 €
Inductor radial Murata, 10 mH ±10%	2	1,23 €	2,46 €
Placa de prototipado rápido mediana.	1	25,47 €	25,47 €
Aplicación Physics Toolbox	1	0 €	0 €
Aplicación Phyphox	1	0€	0 €
<b>TOTAL</b>			<b>449,00 €</b>

Tabla 7. Gastos fase experimental.

A la fase experimental, cabe añadir la remuneración económica del personal necesario para su ejecución:

Descripción	Cantidad	PVP unitario	Totales
<b>Horas dedicadas de RRHH a la ejecución del proyecto.</b>	300	20 €	6000 €
<b>Gastos materiales fase experimental.</b>	1	449€	449 €
<b>TOTAL</b>			<b>6449 €</b>

Tabla 8. Gastos totales con RRHH

Dado que la fase de implantación, plantea la posibilidad de desarrollar otro tipo de experimentos o experiencias aprovechando el cable adaptador, solo se contemplará el importe correspondiente a la fabricación del cable adaptador.

Queda también excluido de esta fase tanto el importe de los terminales móviles como la dedicación experimental de RRHH, ya que en dicha fase, los terminales serán aportados por el propio alumnado y el trabajo experimental ya se considera ejecutado.

El importe resultante del material necesario, puede verse reflejado en la tabla 9:

Descripción	Cantidad	PVP unitario	Totales
<b>Un cable de audio con un conector de 3,5 mm 50 cm</b>	1	1,98 €	1,98 €
<b>terminales tipo cocodrilo negro</b>	2	0,75 €	1,50 €
<b>terminales tipo cocodrilo rojo</b>	2	0,75 €	1,50 €
<b>Soldador</b>	1	8,79 €	8,79 €
<b>Estaño libre de plomo</b>	1	15,00 €	15,00 €
<b>Alicate universal 180mm</b>	1	9,29 €	9,29€
<b>Cinta aislante termo retráctil</b>	1	2,69 €	2,69 €
<b>Aplicación Physics Toolbox</b>	1	0 €	0 €
<b>Aplicación Phyphox</b>	1	0€	0 €
<b>TOTAL</b>			<b>40,75 €</b>

Tabla 9. Gastos fase de implantación.

## Anexo 1 - Referencias y bibliografía

- I. Torriente-García, F. M. Muñoz-Pérez, A. C. Martí, M. Monteiro, Juan C. Castro-Palacio, Juan A. Monsoriu, “Experimenting with RC and RL series circuits using smartphones as function generators and oscilloscopes,” *Rev. Bras. Ensino Fis.* 45, e20230143 (2023), <https://doi.org/10.1590/1806-9126-RBEF-2023-0143>.
- V. Sotware, “Physics toolbox,” (2020), downloaded from Google Play on 10-02-2023.
- M. Monteiro and A.C. Martí, “Resource letter MDS-1: Mobile devices and sensors for physics teaching,” *Am. J. Phys.* 90, 328–343 (2022).
- N. Westermann, S. Staacks, H. Heinke, and P. Möhrke, “Measuring the magnetic field of a low frequency LC-circuit with Phyphox,” *Phys. Educ.* 57, 065024 (2022).
- C. E. Mungan, “Simple but accurate driven RLC experiment,” *Phys. Educ.* 57, 053002 (2022).
- I. Salinas, M. Monteiro, A. C. Martí, and J. A. Monsoriu, “Analyzing the dynamics of a yo-yo using a smartphone gyroscope sensor,” *Phys. Teach.* 58, 569–571 (2020).
- M. Monteiro, G. Organtini, and A. C. Martí, “Magnetic fields produced by electric railways,” *Phys. Teach.* 58, 600-601 (2020).
- S. V. Ballesta, R. Saez, J. Iglesias, and A. Vernet, “Arduino-smartphone device as a physical phenomena measurer,” *Phys. Teach.* 58, 663-665 (2020).
- U. Pili, R. Violanda, and J. Pili, “Using a digital voltmeter and a smartphone camera to investigate the RC circuit,” *Phys. Educ.* 54, 033004 (2019).
- J. R. Groff, “Estimating RC Time Constants Using Sound,” *Phys. Teach.* 57, 393-396 (2019).



- I. Salinas, M. H. Giménez, J. A. Monsoriu and J. C. Castro-Palacio, "Characterization of linear light sources with the smartphone's ambient light sensor," *Phys. Teach.* 56, 562–3 (2018).
- S. Staacks, S. Hütz, H. Heinke, and C. Stampfer, "Measuring the magnetic field of a low frequency LC-circuit with Phyphox," *Phys. Educ.* 53, 045009 (2018).
- P. Aguilar-Marín, M. Chavez-Bacilio, and S. Jáuregui-Rosas, "Using analog instruments in Tracker video-based experiments to understand the phenomena of electricity and magnetism in physics education," *Eur. J. Phys.* 39, 035204 (2018).
- Saša S Ivkovi et al, "LCR circuit: new simple methods for measuring the equivalent series resistance of a capacitor and inductance of a coil," *Eur. J. Phys.* 38 055705 (2017).
- M. H. Giménez, J. C. Castro-Palacio, and J. A. Monsoriu, "Direct visualization of mechanical beats by means of an oscillating smartphone," *Phys. Teach.* 55, 424–425 (2017).
- M. Monteiro, C. Stari, C. Cabeza, and A. C. Marti, "Magnetic field 'flyby' measurement using a smartphone's magnetometer and accelerometer simultaneously," *Phys. Teach.* 55, 580-581 (2017).
- E. Mathew, S. Karamchandani, and M. T. Biradar, "Mobile Function Generator Using Android," *Procedia Computer Science* 49, 229-234 (2015).
- E. Arribas, I. Escobar, C. P. Suarez, A. Najera, and A. Beléndez, "Measurement of the magnetic field of small magnets with a smartphone: a very economical laboratory practice for introductory physics courses," *Eur. J. Phys.* 36, 065002 (2015).
- J. A. Gómez-Tejedor, J. A. Castro-Palacio and J. A. Monsoriu, "The acoustic Doppler effect applied to the study of linear motions," *Eur. J. Phys.* 35, 025006 (2014).
- J. C. Castro-Palacio, L. Velazquez-Abad, M. H. Gimenez, and J. A. Monsoriu, "Using a mobile phone acceleration sensor in physics experiments on free and damped harmonic oscillations," *Am. J. Phys.* 81, 472–475 (2013).



- P. E. Sokol, G. Warren, B. Zheng and P. Smith, “A circuit to demonstrate phase relationships in RLC circuits,” Phys. Educ. 48 (2013).
- K. Forinash and R. F. Wisman, “Smartphones as portable oscilloscopes for physics labs,” Phys.Teach. 50, 242-243 (2012).
- P. Vogt and J. Kuhn, “Experiments using cell phones in physics classroom education: The computeraided g determination,” Phys. Teach. 49, 383–384 (2011).
- Joshua Harden, Amitabh Joshi and Juan D Serna, “Demonstration of double EIT using coupled harmonic oscillators and RLC circuits,” Eur. J. Phys. 32, 541–558 (2011).
- Tutoriales y ayudas técnicas para la docencia, HETPRO-STORE <https://hetpro-store.com/TUTORIALES/protoboard-breadboard/>
- Soldadura de Estaño: Libre de Plomo vs. Con Plomo. <https://tectul.com/es/noticias/soldadura-de-estano-libre-de-plomo-vs-con-plomo>.
- Alternativas al uso de estaño-plomo - Revista CESVIMAP. <https://www.revistacesvimap.com/alternativas-al-uso-de-estano-plomo/>.
- Página oficial aplicación Phyphox: [https://Phyphox.org/#pll\\_switcher](https://Phyphox.org/#pll_switcher)
- Especificaciones de archivos Phyphox en XML. [https://Phyphox.org/wiki/index.php/Main\\_Page](https://Phyphox.org/wiki/index.php/Main_Page)

---

## **Anexo 2 - Guía detallada archivos Phyphox**

El motivo de incluir este anexo en el proyecto, es la de mostrar la versatilidad de las aplicaciones empleadas e incentivar su posible uso en otros ámbitos educativos.

Este anexo muestra información de carácter técnico y está destinado a usuarios avanzados que desean controlar cada detalle de su experimento. En este anexo se aprenderá el funcionamiento del formato de archivo Phyphox y cómo crear un experimento de Phyphox; con estos conocimientos podrá crear experimentos directamente mediante el editor de texto mediante formato XML.

Para usuarios menos avanzados, se recomienda consultar el anexo 3, donde encontrará una guía completa del uso del editor de experimentos mediante interface gráfica, mucho más intuitiva.

La terminología empleada en la programación XML, debe ser considerada en su forma literal, en este manual, para una mejor comprensión de los términos, se ha empleado una versión del código contextualizada en idioma “castellano”, así mismo se han eliminado los ejemplos de código para hacer más liviano el anexo, dejando únicamente una descripción de cada uno de los términos y su utilidad, si se desea ver la terminología en su nomenclatura original y todos los ejemplos de código asociados a cada uno de los parámetros, se puede realizar la consulta en el siguiente [enlace](#).

### **A.2.1 Estructura**

El formato Phyphox está basado en XML. Todo el experimento está encapsulado dentro de una etiqueta raíz de Phyphox. Dentro de este bloque, hay múltiples bloques que permiten definir contenedores de datos, entradas, salidas, traducciones, análisis, etc.

### **A.2.2 Bloque: Phyphox**

Todo el experimento se define dentro del bloque Phyphox. Tiene un único atributo, que es la versión del formato del archivo (no la versión de la aplicación). Si el formato del archivo cambia en una versión futura, este número de versión aumentará. Si Phyphox (la aplicación) encuentra una versión de archivo más reciente de lo que puede leer, no cargará el archivo, pero le pedirá al usuario que actualice la aplicación.

### Etiqueta: Título

El título del experimento. Esto es sólo una simple cadena. Trate de que sea breve y concisa.

### Etiqueta: Título-estado

Disponible desde el formato de archivo Phyphox 1.5 (Phyphox 1.0.7)

Esto no debe usarse para un experimento, que será distribuido. Esta etiqueta contiene el título dado por el usuario al guardar el estado de un experimento. Si está configurado, la aplicación mostrará este experimento en la sección de estados guardados.

### Etiqueta: categoría

La categoría del experimento. Esta es solo una cadena simple utilizada por la aplicación para agrupar los experimentos. Trate de que sea breve y conciso. Tenga en cuenta que esto puede y *debe* traducirse si usa traducciones, ya que la aplicación usa la versión traducida de esta cadena y no puede hacer coincidir su experimento con el grupo predeterminado si la categoría se proporciona en un idioma diferente.

### Etiqueta: icono

Hace referencia al icono del experimento. El formato del atributo controla si ICON es solo una cadena o una imagen codificada en base64. Si es una cadena, Phyphox tomará los primeros tres caracteres y creará un ícono simple con estos. Si se trata de una imagen codificada en base64, Phyphox la decodificará y mostrará la imagen.

Se recomienda utilizar un PNG pequeño con pocos colores como icono.

### Etiqueta: formato

Puede ser una cadena o base64 y controla si el icono debe interpretarse como una cadena o como una imagen codificada en base64.

### Etiqueta: color

El color base del experimento. Este se utiliza como fondo del icono (si se utiliza un icono basado en texto o si tiene fondo transparente) y para la etiqueta de la categoría. Si una categoría contiene experimentos con diferentes colores, se utiliza el color más común.

El color se puede definir como un valor hexadecimal de 6 dígitos o como uno de los colores nombrados:

### Etiqueta: descripción

Una descripción del experimento. La primera línea debe ser una información muy breve de lo que hace el experimento, ya que esta línea se mostrará en la lista de experimentos. Se eliminarán todos los espacios en blanco al principio y al final de DESCRIPCIÓN, así como en cada línea.

### Etiqueta: enlace

Una etiqueta de enlace define un enlace a algún recurso en la web. Es posible que tenga varias etiquetas de enlace en su archivo Phyphox y cada una de ellas aparecerá como un botón debajo de la descripción del experimento. Cuando el usuario presiona el botón, será redirigido a la URL (generalmente en un navegador web, pero puede ser una aplicación específica para una URL específica; por ejemplo, los enlaces de Youtube generalmente se abren en la aplicación Youtube en Android). Si el atributo resaltado se establece en verdadero, el enlace también aparecerá en el menú del experimento. (Tenga en cuenta que el atributo de resaltado está destinado a resaltar enlaces especialmente relevantes, como instrucciones para el experimento. Su implementación real, es decir, la forma en que se "resalta" un enlace puede cambiar en las versiones más recientes).

## A.2.3 Bloque: traducciones

El bloque de traducciones puede contener uno o más bloques *de traducción* (nota: singular), que describen las traducciones de las cadenas que se muestran al usuario. Cualquier cadena fuera del bloque de traducción se considera en inglés y luego se traduce a otros idiomas desde dentro del bloque de traducción, a menos que se haya definido un idioma global diferente en la etiqueta del bloque Phyphox o si el inglés aparece explícitamente como un bloque de traducción. Si se utiliza inglés en un bloque de traducción y no se ha definido ningún idioma en el bloque Phyphox, el texto fuera del bloque de traducción debe tratarse como un marcador de posición.

### **Etiqueta: lugar**

Define el código de idioma iso de dos caracteres para las traducciones dentro de este bloque de idioma. (por ejemplo "de" para alemán o "fr" para francés)

### **Etiqueta: título**

Versión localizada de la etiqueta del título en el bloque Phyphox (ver arriba). Si la configuración regional del usuario coincide con la configuración regional del bloque de traducción, el título será reemplazado por esta entrada.

### **Etiqueta: categoría**

Versión localizada de la etiqueta de categoría en el bloque Phyphox (ver arriba). Si la configuración regional del usuario coincide con la configuración regional del bloque de traducción, el título será reemplazado por esta entrada. Tenga en cuenta que Phyphox agrupará los experimentos según la versión localizada de la categoría.

### **Etiqueta: descripción**

Versión localizada de la etiqueta de descripción en el bloque Phyphox (ver arriba). Si la configuración regional del usuario coincide con la configuración regional del bloque de traducción, el título será reemplazado por esta entrada.

### **Etiqueta: enlace**

Esta es la versión localizada de la etiqueta de enlace.

### **Etiqueta: cadena**

Utilice la etiqueta de cadena para traducir cualquier cadena que se muestre al usuario además del título, descripción o categoría. Si el texto de una etiqueta, vista, etc. coincide con la cadena en ORIGINAL, Phyphox mostrará TRADUCCIÓN en su lugar. (Por supuesto, esto sólo se aplica si la configuración regional del usuario coincide con la configuración regional de traducción).

### Etiqueta: original

La cadena que debe traducirse con TRANSLATION. Tiene que ser una coincidencia exacta.

### A.2.4 Bloque: contenedores de datos

En los contenedores de datos se definen todos los buffers. Cualquier entrada (sensores, micrófono) escribe en estos búferes, cualquier módulo de análisis realiza sus operaciones en estos búferes, los módulos de salida leen desde estos búferes y los resultados se muestran al usuario desde estos búferes. Los buffers conectan cada módulo del experimento.

### Etiqueta: contenedor

La etiqueta del contenedor define el nombre de un único contenedor de datos. Por ahora, el único tipo de contenedor es el búfer, por lo que el *tipo de atributo* se puede omitir; solo está ahí para futuros nuevos tipos de contenedores.

El tipo *de búfer* es una cola de longitud fija. Se agregan nuevos datos hasta que el búfer esté lleno. Si los datos se agregan a un búfer lleno, los datos antiguos se eliminan del otro extremo. Cualquier módulo que lea del búfer recibirá todo el conjunto de datos. Sin embargo, si el módulo sólo requiere un único valor, podrá acceder directamente al último valor añadido.

El tamaño se puede establecer mediante el atributo *de tamaño*, que por defecto es 1. Se permiten búferes infinitos y se pueden lograr estableciendo el tamaño en cero. Sin embargo, debes tener cuidado al usar esto. Nunca sigas llenando un búfer infinito si es la base para un análisis complejo, ya que esto generará una carga extrema cuando el experimento se ejecute durante un período prolongado. Además, no se permiten buffers infinitos para retener la grabación desde una entrada de audio.

### tipo

El único tipo admitido en este momento es buffer. Este atributo se puede ignorar por ahora, pero es posible que se agreguen otros tipos de contenedores en el futuro.

### tamaño

El tamaño del contenedor de datos. Para el tipo de búfer, este es el número de valores que el búfer puede contener.

## estático

Si se establece en verdadero, el contenido de este búfer solo debe escribirse una vez. Los módulos de análisis que escriben en este búfer no se ejecutarán si todos los búferes de salida son estáticos para mejorar el rendimiento. Esto debe configurarse si el contenido no depende de los datos medidos.

## init

Disponible desde el formato de archivo Phyphox 1.3 (Phyphox 1.0.4). Si se establece, el búfer se inicializará con el valor dado al cargar el experimento y al borrar los datos. Si no se establece, el búfer comenzará vacío. Desde el formato de archivo 1.5 (Phyphox 1.0.7), también puede separar varios valores mediante comas para inicializar un búfer con varios valores.

## A.2.5 Bloque: entrada

El bloque de entrada define todas las entradas de hardware, como los sensores o el micrófono utilizados en el experimento.

### Módulo de entrada: audio

La etiqueta de audio define el audio como una fuente de datos (es decir, un micrófono). Phyphox grabará continuamente y escribirá la grabación en el búfer al comienzo de la ejecución de un análisis (ver bloque de análisis). El búfer de destino se define con una etiqueta de salida simple.

La velocidad de grabación predeterminada es 48 kHz, pero se puede cambiar usando el atributo *de velocidad* (en Hz). Sin embargo, esto no se recomienda si el experimento está dirigido a una audiencia amplia, ya que las velocidades de grabación admitidas son muy específicas del dispositivo. Además, la tarifa que establezcas no está garantizada. En su lugar, debe leer la tasa real en la salida de tasa y usarla para cualquier cálculo que utilice una base de tiempo. Tenga en cuenta que la salida de velocidad se escribe independientemente de la salida de grabación (principalmente cuando cambia la velocidad, lo que generalmente solo debería suceder si cambia la configuración de audio). Por lo tanto, no deberías borrar este buffer mientras lo lees. La salida de velocidad está disponible desde el formato de archivo Phyphox 1.6 (Phyphox 1.0.10).

### tasa

La velocidad de grabación en Hz. Predeterminado: 48000

## adjuntar

Agregue datos al búfer de salida en lugar de ofrecer solo datos nuevos desde el último ciclo de análisis. Disponible desde el formato de archivo 1.16 (versión Phyphox versión 1.1.12 ). Predeterminado: falso (el búfer contiene solo datos nuevos)

## Módulo de entrada: bluetooth

Disponible desde el formato de archivo Phyphox 1.7 (Phyphox 1.1.0). El bloque bluetooth define una entrada desde un dispositivo Bluetooth Low Energy.

## Módulo de entrada: profundidad

Disponible desde el formato de archivo Phyphox 1.14 (Phyphox 1.1.10)

Obtenga una medición de profundidad del sensor de profundidad, que suele ser un sensor óptico dedicado como parte del conjunto de cámaras. En iOS, este tipo de sensor se llama "LiDAR", mientras que en Android normalmente hay que buscar "ToF". Ambos sistemas tienen API muy diferentes para acceder a estos datos con diversas ventajas e inconvenientes:

En iOS se accede al sensor LiDAR a través de ARKit, que es el framework para aplicaciones de realidad aumentada. Los datos de profundidad están casi perfectamente alineados con la imagen de la cámara, pero no son datos sin procesar del sensor, sino procesados y reasignados para aplicaciones AR. Por lo tanto, los datos podrían haberse fusionado con datos de profundidad derivados de la cámara en color normal (por ejemplo, estimación de profundidad a partir de efectos de paralaje). Los dispositivos iOS más nuevos también cuentan con un sensor de profundidad en la parte frontal, que está diseñado para FaceID, pero está disponible a través de una API completamente diferente y puede ser compatible con Phyphox en el futuro.

En Android no se utiliza ARCore, el marco de realidad aumentada de Google, ya que hay disponible una API más directa y se podrían evitar las dependencias de los servicios de Google en favor de plataformas que no cuentan con el soporte de Google. Aquí se utiliza la API de camera2 para acceder a los datos del sensor, lo que tiene la ventaja de que no esperamos ninguna fusión con los datos AR. Sin embargo, la desventaja es que los datos de profundidad no se han reasignado para alinearse con la imagen normal de la cámara y experimentará una compensación, que en particular dependerá de la distancia de visualización, ya que la cámara y el sensor están colocados a cierta distancia en la carcasa del teléfono. La API de camera2 permite acceder a los sensores de profundidad frontales y posteriores, pero tenga en cuenta que algunos

teléfonos anuncian un sensor ToF para el enfoque automático de la cámara sin exponer sus datos a través de la API de camera2.

Normalmente, el usuario selecciona un área dentro de los datos de cámara/profundidad (que se puede preestablecer usando los atributos  $x_1$ ,  $x_2$ ,  $y_1$ ,  $y_2$ ) que se agrega en un valor de profundidad por cuadro. Para cada fotograma se devolverá un par de un valor de profundidad agregado "z" y la marca de tiempo correspondiente "t". Actualmente existen tres métodos de agregación para todos los puntos de datos dentro del área seleccionada: "promedio" toma el valor promedio, "más cercano" el punto de datos con la distancia más pequeña a la cámara y "ponderado" crea el promedio ponderado utilizando los datos de confianza proporcionados por cada API. Tenga en cuenta que Phyphox reduce automáticamente el valor de confianza más bajo y que las confianzas más bajas normalmente solo aparecen en los bordes y representan una pequeña porción de la mayoría de las escenas. Por lo tanto, la diferencia entre "promedio" y "ponderado" debería ser insignificante en la mayoría de las situaciones.

Para brindarle al usuario una vista previa y control sobre la entrada de profundidad, también querrá agregar un elemento de vista de interfaz gráfica de usuario de profundidad a la configuración.

### modo

Define el método de agregación y puede ser "promedio", "más cercano" o "ponderado" (consulte la descripción anterior). Predeterminado: más cercano

### $x_1$ , $x_2$ , $y_1$ , $y_2$

Establece el área de adquisición inicial, que aún puede ser modificada por el usuario.  $x_1$  y  $x_2$  describen los límites horizontales y  $y_1$  e  $y_2$  los verticales. Los valores son valores de punto flotante que van de 0,0 a 1,0, donde 0,0 se refiere al borde izquierdo/superior de la imagen y 1,0 al borde derecho/inferior. Predeterminado: 0,4, 0,6, 0,4, 0,6

### liso

Solo se aplica a LiDAR en dispositivos iOS. Se puede establecer en verdadero o falso, para usar smoothedSceneDepth o sceneDepth, empleando suavizado ARkits o no. Predeterminado: verdadero

### Módulo de entrada: ubicación

Disponible desde el formato de archivo Phyphox 1.5 (Phyphox 1.0.7).

El bloque de ubicación define una entrada del sensor GPS. Los datos se escribirán en los buffers de salida a la velocidad que los proporciona el sensor. En Android, se espera que los datos de ubicación provengan exclusivamente de la navegación por satélite (aunque pueden ocurrir algunas implementaciones

inusuales), pero en iOS no podemos desactivar otras fuentes. Por tanto, en la mayoría de casos en iOS la primera lectura se basa en las redes móviles y WIFI.

Hay varios componentes para las salidas:

**t**

Tiempo del experimento (segundos desde el inicio del experimento) para la ubicación (según lo establecido por el sistema operativo)

**latitud**

Latitud en grados

**lon**

Longitud en grados

**z**

Elevación (tenga en cuenta que la elevación proporcionada por el GPS es generalmente bastante imprecisa) en metros (usando el geoide EGM84 como referencia, es decir, "por encima del nivel del mar")

**zwgs84**

Igual que "z" pero tomando como referencia el elipsoide WGS84 (es decir, el sistema de coordenadas utilizado por el GPS). Tenga en cuenta que la API de Android proporciona elevación de elipsoide WGS84, mientras que la API de iOS proporciona elevación de geoide EGM84. Phyphox calcula la diferencia utilizando un puerto del algoritmo de GeographiLib con un conjunto de datos EGM84 de resolución de 30'.

**v**

Velocidad (proporcionada por el sistema, basada en posiciones GPS consecutivas) en m/s

**directorío**

Dirección (determinada por el sistema junto con la velocidad) en grados (contados de norte a este)

**exactitud**

Una estimación por el sistema de la precisión horizontal en metros.

**zPrecisión**

Una estimación por parte del sistema de la precisión vertical en metros (no en Android)

## Satélites

Número de satélites utilizados para esta medición (no en iOS)

## Estado

-1 significa que el GPS no está disponible (generalmente desactivado por el usuario), 0 significa que está buscando señal, 1 significa que está activo. 2 significa activo, pero la altitud se da por encima del elipsoide WGS84 en lugar del geode, lo que puede suceder en el caso de implementaciones de GPS muy básicas en algunos teléfonos (en su mayoría baratos). Tenga en cuenta que este valor se actualiza independientemente de las otras salidas. La etiqueta de ubicación no tiene atributos adicionales.

## Módulo de entrada: sensor o

El bloque de sensores define un sensor como entrada. Los datos se escribirán en los buffers de salida a la velocidad que los proporciona el sensor. Alternativamente, puede definir una *tasa diferente*, en cuyo caso se selecciona la última lectura a la tasa dada. Además, puede activar el promedio en combinación con la tasa forzada, en cuyo caso se promedian todos los datos durante el intervalo de la tasa y solo el promedio se escribe en el búfer. La estrategia exacta para alcanzar el ritmo objetivo se puede definir mediante los parámetros *rateStrategy* y *stride*. Consulte los detalles sobre esto en la explicación de estos parámetros y tenga en cuenta que se han introducido con un cambio de comportamiento en el formato de archivo 1.14 (Phyphox 1.1.10).

Muchos sensores (acelerómetro, magnetómetro, giroscopio) son sensores 3D que escriben en un total de cuatro buffers (x, y, z y marca de tiempo t), pero no es necesario adjuntar un buffer a todas las salidas. Además, algunos sensores son solo 1D (presión, luz) y solo llenarán los buffers x. Las salidas se asignan a contenedores de datos mediante etiquetas de salida simples. Cada uno requiere un atributo *de componente* establecido en x, y, z o t para asignar los datos al contenedor de datos.

Desde la versión 1.4 del formato de archivo (Phyphox 1.0.6), hay otra salida *abs* que proporciona el valor absoluto ( $\sqrt{x^2+y^2+z^2}$ ) para los datos del sensor 3D.

Desde la versión 1.5 del formato de archivo (Phyphox 1.0 .7), existe otra *precisión de salida* que brinda información sobre la precisión actual. Normalmente, "-1" significa que el sensor no está calibrado (lo que podría ser un estado de error), "0" significa que se presentan datos sin procesar no calibrados (pero esto es lo esperado) y los valores positivos representan la precisión de una manera específica del sensor. Actualmente sólo lo utiliza el magnetómetro, que codifica su precisión como 1 baja, 2 media y 3 alta.

Si no hay un sensor disponible en el dispositivo, el experimento notificará al usuario y se negará a trabajar.

Tenga en cuenta que los nombres algo engorrosos para "aceleración con g" y "aceleración (sin g)" se han elegido para ayudar a los estudiantes a comprender los datos proporcionados por estos sensores. Pero internamente nos atenemos a los nombres comúnmente utilizados en Android como "acelerómetro" y "aceleración\_lineal". Normalmente, el "acelerómetro" (el que tiene g) es un sensor físico que mide la fuerza de aceleración aplicada a una masa de muestra (en forma de dispositivo MEMS), por lo que dará una aceleración constante de  $9,81 \text{ m/s}^2$  para un dispositivo en reposo. (de ahí nuestro nombre descriptivo "con g"). Por el contrario, "linear\_acceleration" suele ser solo un sensor virtual, que puede utilizar sensores adicionales para eliminar la aceleración de la Tierra (de ahí nuestra anotación descriptiva "sin g") para informar la aceleración real del teléfono en el sistema de referencia del usuario. Entonces, "linear\_acceleration" informará aceleración cero cuando el teléfono esté en reposo y se mueva a una velocidad constante.

### tipo

Define el tipo de sensor que se utilizará.

Valores permitidos:

- **acelerómetro**

El acelerómetro en  $\text{m/s}^2$ . Esto da la aceleración de la Tierra cuando el dispositivo está en reposo. (Generalmente llamado "aceleración con g" en Phyphox)

- **aceleración lineal**

Un sensor virtual que proporciona la aceleración real del dispositivo. Debe informar cero cuando el dispositivo está en reposo. (Generalmente llamado "aceleración (sin g)" en Phyphox)

- **gravedad**

Un sensor virtual que proporciona la aceleración gravitacional en el marco de referencia del dispositivo. Esto elimina el movimiento del dispositivo de las lecturas del acelerómetro y, por lo tanto, debe ser aproximadamente la diferencia entre el acelerómetro y la aceleración\_lineal. (Dependiendo de la implementación en cada dispositivo). Disponible desde formato de archivo 1.15 (Phyphox 1.1.11)

- **campo magnético**

Lecturas del magnetómetro en  $\mu\text{T}$

- **giroscopio**

Lecturas del giroscopio en rad/s.

- **humedad**

Humedad relativa en %. Disponible desde el formato de archivo 1.7 (Phyphox 1.1.0).

- **luz**

La iluminancia del sensor de luz en lx.

- **presión**

La presión del aire del barómetro en hPa.

- **proximidad**

Distancia desde el sensor de proximidad en cm (la mayoría de los dispositivos solo emiten 0 cm o 5 cm)

- **temperatura**

Temperatura. Se supone que es la temperatura ambiente, pero tenemos una lógica alternativa para encontrar cualquier lectura de temperatura del dispositivo. Generalmente representa la temperatura del dispositivo y no se puede utilizar para medir la temperatura externa. (en  $^{\circ}\text{C}$ ) Disponible desde el formato de archivo 1.7 (Phyphox 1.1.0)

- **actitud**

La orientación (rotación absoluta) del dispositivo calculada por los propios algoritmos del dispositivo. Esto utiliza TYPE\_ROTATION\_VECTOR en Android y "CMAttitude" de Core Motion en iOS, que (según el dispositivo) fusiona datos del acelerómetro, giroscopio y magnetómetro para calcular la actitud del dispositivo. El resultado se da como un cuaternión en un sistema de referencia con y apuntando hacia el norte magnético y z apuntando hacia arriba (el sistema de coordenadas de Android, la actitud de iOS se convierte a este sistema). Los canales x, y y z corresponden a los últimos tres componentes del cuaternión (w, x, y, z) y w se puede recuperar a través del canal *abs*. Disponible desde el formato de archivo 1.9 (Phyphox 1.1.5)

## tasa

La velocidad a la que se proporcionarán los datos del sensor en Hz. Un valor de 0,0 significa "lo más rápido posible". Tenga en cuenta que la velocidad máxima de un sensor es específica del dispositivo y limitará la velocidad que se puede alcanzar. Predeterminado: 0.0

## promedio

Si se establece en verdadero, en lugar de simplemente dar la última lectura a la velocidad definida, los datos del sensor se promediarán durante un período de la velocidad. Esto sólo tiene sentido si se establece una tasa que sea inferior a la tasa máxima que el dispositivo puede alcanzar. Predeterminado: falso

## estrategia de tasa

Define la estrategia para alcanzar la tasa establecida con el atributo *tasa*. Disponible desde el formato de archivo 1.14 (Phyphox 1.1.10).

- **auto**

Solicita la tasa del sensor objetivo directamente desde el sistema como la *solicitud de estrategia*. Si la velocidad real proporcionada por el sistema es más de un 10% más rápida que la velocidad solicitada, la estrategia cambia automáticamente a generar, entregando los puntos de datos exactamente a la velocidad deseada. Esta estrategia evita puntos de datos duplicados ya que ambas estrategias no pueden ser más rápidas que lo que proporciona el sensor y elige el método ideal para acercarse a la tasa objetivo. Sin embargo, en los casos en los que tiene que cambiar para generar, es susceptible a fuertes efectos de muestreo cuando la tasa objetivo está cerca de la tasa real del sensor.

- **pedido**

La tasa objetivo establecida por *tasa* se solicita directamente desde el sistema y los datos del sensor proporcionados se proporcionarán tal cual. Depende del sistema si la tarifa proporcionada es cercana a la solicitada y es posible que el sistema no pueda proporcionar datos del sensor a tarifas determinadas o que decida proporcionar una tarifa diferente si los datos del sensor se comparten con otras aplicaciones. Es muy probable que esta estrategia produzca una tasa que difiera mucho de la esperada, pero como no agrupará ni descartará puntos de datos, no introducirá efectos adicionales de muestreo o alias. Por la misma razón, el atributo *promedio* no tiene ningún efecto.

- **generar**

La tasa objetivo es generada internamente por Phyphox mientras solicita la tasa más alta posible al sistema. Se garantiza que proporcionará puntos de datos a la velocidad establecida por la velocidad e incluso puede exceder la velocidad del sensor (tenga cuidado de no desperdiciar rendimiento con esto). Si bien los puntos de datos resultantes parecen muy fáciles de interpretar posteriormente y si bien facilita la sincronización de diferentes sensores, esta estrategia puede degradar gravemente los datos registrados del sensor, ya que los puntos de datos podrían duplicarse o descartarse en patrones imprevistos. Si la tasa objetivo está cerca de la tasa real del sensor interno, es muy probable que esto introduzca efectos de muestreo adicionales, como alias entre la tasa de muestreo de los sensores y esta tasa objetivo. Por lo tanto, esta estrategia se recomienda con fines educativos para simplificar el análisis de datos, pero si sabe cómo analizar datos y desea la mejor calidad posible, se recomienda encarecidamente utilizar la estrategia de solicitud, ya que puede emular la estrategia de generación en sus datos. análisis posterior, pero no se pudo volver a la calidad de la solicitud a partir de los datos *generados*.

- **límite**

El sistema solicita la frecuencia máxima del sensor y el ajuste de la frecuencia se utiliza como limitador. Más precisamente, Phyphox genera un nuevo punto de datos cada vez que el intervalo de tiempo desde el último punto de datos hasta el último evento del sensor excede  $1/\text{tasa}$ . La tasa resultante siempre será cercana pero menor que la tasa solicitada y la tasa real depende en gran medida de la tasa real del sensor. Esta estrategia es un compromiso para acercarse a una tasa objetivo sin la fuerte degradación introducida por la estrategia de generación, ya que generalmente conduce a una cantidad similar de eventos de sensor por puntos de datos realmente generados. La desventaja es que la tasa de puntos de datos puede ser bastante diferente en diferentes dispositivos si la tasa objetivo está en el rango de tasas típicas de los sensores. Tenga en cuenta que esta era la única estrategia de velocidad antes del formato de archivo 1.14 (Phyphox 1.1.10) y que este es el comportamiento predeterminado si su archivo Phyphox apunta a un formato de archivo anterior a 1.14. Predeterminado: "auto" (tenga en cuenta que las configuraciones de experimentos con un formato de archivo inferior a 1.14 tendrán el valor predeterminado "limit" para garantizar la compatibilidad con el comportamiento anterior)

**e**

Si stride se establece en N, solo se utiliza cada enésimo punto de datos generado por rateStrategy (ver arriba). Otros puntos de datos simplemente se

descartan. Una zancada de 1 utilizará cada punto de datos, una zancada de 2 solo cada segundo, una zancada de 3 solo cada tercio y así sucesivamente. Esto es especialmente útil para lograr una velocidad de datos muy específica en un dispositivo específico que sea una fracción entera de la velocidad real del sensor para evitar efectos de alias adicionales de velocidades no fraccionarias. Disponible desde el formato de archivo 1.14 (Phyphox 1.1.10). Predeterminado: "1" (use todos los puntos de datos).

### **ignorarNo disponible**

Permita que el usuario abra e inicie el experimento incluso si el sensor no está disponible. No recibirá ningún dato para ese servidor si no está disponible y su experimento aún debería funcionar y tener sentido para el usuario si este es el caso. Disponible desde el formato de archivo 1.8 (Phyphox 1.1.3).

## **A.2.6 Bloque: salida**

El bloque de entrada define todas las salidas de hardware, como el altavoz utilizado en el experimento.

### **Módulo de salida: audio**

La etiqueta de audio define el audio como una salida (es decir, un altavoz). La forma de onda de audio se puede componer de una o varias fuentes:

- **entrada**

Una etiqueta de entrada en el nivel inmediato debajo *del audio* denota una fuente directa. Al final de un período de análisis, Phyphox escribirá el búfer de entrada en un búfer de audio interno e iniciará la reproducción, de modo que el sonido se reproduzca después de cada ejecución de análisis. Tiene una amplitud fija de 1 y la duración está definida por el número de muestras en el búfer de entrada. Los datos de audio están representados por valores que van de -1 a +1. Solo se admite una fuente directa.

- **tono**

Un bloque de tonos representa un generador de tonos paramétrico. Sus parámetros amplitud, duración y frecuencia pueden ser valores fijos (tipo="valor") o un búfer (tipo="búfer", predeterminado) para controlarlo dinámicamente. Cada bloque de tono (se permiten varios) genera un tono sinusoidal y realiza un seguimiento de la fase momentánea de la función sinusoidal para evitar ruidos de clic debido a una falta de coincidencia entre la frecuencia y la frecuencia de muestreo o al cambiar la frecuencia. Disponible desde el formato de archivo 1.10 (versión Phyphox versión 1.1.6).

- **ruido**

Un bloque de ruido representa un generador de ruido blanco. Sus parámetros amplitud y duración pueden ser valores fijos (tipo="valor") o un búfer (tipo="búfer", predeterminado) para controlarlo dinámicamente. Solo se admite un bloque de ruido. Disponible desde el formato de archivo 1.10 (versión Phyphox versión 1.1.6 ).

La reproducción se activa después de cada proceso de análisis y cada fuente puede tener duraciones individuales (en segundos) y amplitudes (valor flotante con 0,0 como silencio y 1,0 amplitud máxima sin recorte). Si loop se establece en verdadero, la reproducción se repetirá. La velocidad de reproducción predeterminada es 48 kHz, pero se puede cambiar usando el atributo de velocidad (en Hz). Sin embargo, esto no se recomienda si el experimento está dirigido a una audiencia amplia, ya que las velocidades de reproducción admitidas son muy específicas del dispositivo.

#### **tasa**

La velocidad de grabación en Hz. Predeterminado: 48000

#### **bucle**

Reproducción en bucle Predeterminado: falso

#### **normalizar**

Normalice la amplitud de todas las entradas para lograr una amplitud total de 1. Si la suma de todas las entradas excede 1 y esta opción está deshabilitada, pueden ocurrir distorsiones ya que la amplitud momentánea podría exceder 1 y quedar truncada. Disponible desde el formato de archivo 1.10 (versión Phyphox versión 1.1.6 ). Predeterminado: falso

#### **Módulo de salida: bluetooth**

Disponible desde formato de archivo Phyphox 1.7 (Phyphox 1.1.0). El bloque bluetooth define una salida a un dispositivo Bluetooth Low Energy. Consulte la documentación sobre la interfaz Bluetooth Low Energy en Phyphox para obtener más detalles.

### **A.2.6 Bloque k: análisis**

El bloque de análisis describe todas las matemáticas necesarias para el experimento. Cada elemento dentro de este bloque se ejecuta consecutivamente y generalmente lee de un contenedor de datos, realiza una operación matemática en los datos y escribe los resultados en otro contenedor de datos.

En la mayoría de los experimentos, el bloque de análisis se ejecuta en un bucle, por lo que los datos del experimento se analizan lo más rápido posible. Sin embargo, si primero necesita adquirir una cierta cantidad de datos (principalmente cuando graba desde el micrófono) o si los resultados solo cambian si el usuario cambia un parámetro, puede definir los atributos `sleep`, `dynamicSleep` y/o `onUserInput` para pausar el proceso. bucle de análisis.

### **dormir** \_

El tiempo mínimo en segundos antes de que todo el bloque de análisis se ejecute nuevamente después de que haya finalizado la última ejecución. Se permiten valores decimales. Predeterminado: '0.0' (inmediatamente)

### **sueño dinámico**

El tiempo mínimo en segundos antes de que todo el bloque de análisis se ejecute nuevamente después de que haya finalizado la última ejecución. Esto se refiere a un búfer, por lo que el tiempo de sueño se puede establecer según el resultado del análisis. Si el búfer está vacío, se utiliza el valor del modo de suspensión. Disponible desde el formato de archivo Phyphox 1.5 (Phyphox 1.0.7). Predeterminado: no configurado (sin suspensión dinámica).

### **en entrada de usuario**

Si es verdadero, el bloque de análisis no se ejecutará nuevamente a menos que el usuario cambie el contenido de una vista de entrada. Predeterminado: 'falso'.

### **requerirrelleno**

Establece el nombre de un contenedor de datos que debe completarse. El atributo `requireFillThreshold` o `requireFillDynamic` define una cantidad requerida de elementos en el contenedor de datos (1 elemento predeterminado). Si no se cumple este número, se omite el bloque de análisis. Disponible desde el formato de archivo Phyphox 1.16 (Phyphox 1.1.12)

### **requi reFillThreshold**

Un número entero estático que establece el umbral para el atributo `requireFill`. Disponible desde el formato de archivo Phyphox 1.16 (Phyphox 1.1.12). Predeterminado: '1'

### **requireFillDynamic**

Un valor dinámico para el número requerido de elementos en el contenedor de datos definido por `requireFill`. Este atributo apunta a otro contenedor de datos, que define este valor. Si está vacío, se utiliza en su lugar el valor de `requireFillThreshold`. Disponible desde el formato de archivo Phyphox 1.16 (Phyphox 1.1.12). Predeterminado: (en su lugar se usa `requireFillThreshold`)

### **ejecución cronometrada**

Habilite la configuración de ejecución temporizada de forma predeterminada. Esto simplemente actúa como un ajuste preestablecido. El usuario aún puede desactivarlo desde el menú principal. Disponible desde el formato de archivo Phyphox 1.10 (Phyphox 1.1.6). Predeterminado: 'falso' (desactivado).

### **tiempo dRunStartDelay**

Retraso de inicio en segundos para la configuración de ejecución cronometrada. Esto simplemente actúa como un ajuste preestablecido. El usuario aún puede cambiarlo desde el menú principal. Además, esto no habilita la función de forma predeterminada. Para habilitarlo, consulte timedRun arriba. Disponible desde el formato de archivo Phyphox 1.10 (Phyphox 1.1.6). Predeterminado: '3'.

### **timedRunStopDelay**

Retardo de parada en segundos para la configuración de ejecución cronometrada. Esto simplemente actúa como un ajuste preestablecido. El usuario aún puede cambiarlo desde el menú principal. Además, esto no habilita la función de forma predeterminada. Para habilitarlo, consulte timedRun arriba. Disponible desde el formato de archivo Phyphox 1.10 (Phyphox 1.1.6). Predeterminado: '10'.

### **mejoramiento**

Eliminado en formato de archivo Phyphox 1.10 (Phyphox 1.1.6).

### **Módulos de análisis en general.**

Casi todos los módulos de análisis toman entradas y escriben sus resultados en un búfer de salida. Todas las entradas y salidas se definen como etiquetas de entrada y salida dentro del módulo de análisis. Si bien la salida siempre tiene que ser un contenedor de datos, la entrada también puede ser un valor de punto flotante que se puede definir estableciendo el tipo de atributo en valué. Si no se establece el tipo, el valor predeterminado es el búfer y el nombre dado debe coincidir con un contenedor de datos. Además, la entrada se puede establecer en el tipo vacío, que es similar al valor, pero representa un búfer vacío constante. Esto sólo tiene sentido y es compatible con algunos módulos y se indicará allí.

Tanto las entradas como las salidas pueden recibir una función específica mediante el atributo as. Para muchos módulos, este atributo se puede omitir si es obvio. Por ejemplo, el módulo de suma toma un número arbitrario de entradas

en un orden arbitrario ( $a+b$  es igual a  $b+a$ ), pero el módulo de resta necesita una asignación explícita para el minuendo y el sustraendo ( $ab$  no es igual a  $ba$ ). De manera similar, no es necesario asignar una única salida, mientras que es necesario asignar varias salidas (por ejemplo, el valor y la posición de un máximo en el módulo max).

Además, algunos módulos de análisis toman parámetros que no están definidos dinámicamente, sino como un atributo de la etiqueta del módulo de análisis. Como ejemplo, el módulo de umbral busca el punto en el que los valores de entrada cruzan un umbral determinado y el atributo que cae puede cambiarlo para buscar un cruce de valores mayores a menores.

Desde la versión 1.10 del formato de archivo (Phyphox 1.1.6), todos los módulos de análisis admiten un nuevo atributo que permite determinar si el módulo debe ejecutarse en cada ciclo de análisis o solo para ciclos específicos. Para ello, cada ejecución del proceso de análisis (un ciclo) está numerada. Cuando el usuario abre el experimento y antes de presionar iniciar, el análisis se activa con el ciclo número 0, que puede usarse para preparar algunos buffers o llenar gráficos con valores predeterminados. Después de presionar inicio, el primer ciclo es el número 1, seguido del ciclo 2, etc.

Luego puede configurar los ciclos de atributos para cualquier módulo de análisis. Si no se establece, el módulo se ejecuta en cada ciclo (incluido 0). Si se establece, solo se ejecuta en los ciclos que usted especifica mediante una lista separada por espacios. Por ejemplo, `ciclos="1 3 42"` significa que el módulo solo se ejecuta en los ciclos 1, 3 y 42. También puedes definir rangos con un simple guion, por lo que `ciclos="3-6"` significa que se ejecutará en 3, 4, 5 y 6. Las listas abiertas se pueden lograr simplemente omitiendo un número, por lo que `Cycles="1-"` se ejecutará en cada ciclo excepto 0 y `Cycles="-5"` se ejecutará en cada ciclo hasta y incluido el número 5. Como ejemplo final, al mezclar todos estos, los `ciclos="0 3 5-7 10-"` se ejecutarán en el ciclo 0, 3, 5, 6, 7, 10 y luego en cada ciclo posterior.

## en homenajes

para todos los módulos de análisis

## ciclos

Determine en qué ciclos se deben ejecutar los módulos, ver arriba. predeterminado: ejecutar en cada ciclo.

## etiqueta de entrada

Atributos de las etiquetas de entrada:

- **como**

El mapeo de la entrada a una función. opcional o requerido dependiendo del módulo

- **tipo**

Se puede configurar como búfer o valor e indica si el contenido de la etiqueta es un valor numérico o se refiere a un contenedor de datos. Predeterminado: búfer

- **mantener**

Verdadero significará que el búfer conserva sus datos después de la lectura. Si se establece en falso, el búfer se borra después de la lectura, lo que se puede usar para procesar cada conjunto de datos desde una entrada solo una vez. Predeterminado: falso

- **claro (obsoleto en formato de archivo 1.17)**

False significará que el búfer conserva sus datos después de la lectura. Si se establece en verdadero, el búfer se borra después de la lectura, lo que se puede usar para procesar cada conjunto de datos desde una entrada solo una vez. Tenga en cuenta que este atributo ha quedado obsoleto con el formato de archivo 1.17 (Phyphox 1.1.13) y debe reemplazarse con el atributo keep más intuitivo. clear=true corresponde a keep=false. Predeterminado: verdadero.

### **etiqueta de salida**

Atributos de las etiquetas de salida:

- **como**

El mapeo de la entrada a una función. *Opcional o requerido* dependiendo del módulo

- **adjuntar**

Verdadero significará que se agregan nuevos datos al contenido que ya está en el búfer. false borrará el búfer primero, reemplazando efectivamente su contenido con nuevos datos. Predeterminado: falso

- **claro (obsoleto en formato de archivo 1.17)**

False significará que el búfer conserva sus datos (de otro módulo que escribe en este búfer o de la ejecución de análisis anterior) y se agregan nuevos

datos. true borrará el búfer primero. Tenga en cuenta que este atributo ha quedado obsoleto con el formato de archivo 1.17 (Phyphox 1.1.13) y debe reemplazarse con el atributo append más intuitivo. clear=true corresponde a append=false. Predeterminado: verdadero.

- [Lista de módulos de análisis](#)

Las asignaciones específicas, los atributos y la funcionalidad de los módulos de análisis están documentados en una página separada que enumera todos los [módulos de análisis](#).

## A.2.5 Bloque: vistas

El bloque de vistas puede contener uno o más bloques *de vistas* (nota: singular), que describen los diferentes grupos de diseño (vistas), entre los cuales el usuario puede elegir ver los datos del experimento. Al menos un bloque de vista.

### Bloquear: ver

Cada grupo de bloques de vista muestra elementos para presentar datos al usuario. El bloque de vista tiene una etiqueta de atributo única que se muestra al usuario para identificar esta vista cuando el usuario cambia de vista. La etiqueta debe ser breve y concisa.

### **etiqueta**

El nombre que identifica esta vista. Se traducirá si se define una cadena de traducción coincidente.

### Elemento de vista: información

El elemento de información no recibe ninguna entrada ni escribe en ninguna salida. Simplemente muestra una cadena definida como atributo de etiqueta.

### **etiqueta \_**

El texto que se mostrará al usuario.

### **color**

El color del texto como valor hexadecimal RGB de seis dígitos o una opción con nombre de los colores de Phyphox. Predeterminado: blanco, disponible desde el formato de archivo Phyphox 1.7 (Phyphox 1.1.0).

### **atrevido**

Si se establece en verdadero, el texto se mostrará en negrita. (No podemos garantizar que la combinación de negrita y cursiva esté disponible en todos los dispositivos). Disponible desde el formato de archivo Phyphox 1.8 (Phyphox 1.1.3).

### **itálico**

Si se establece en verdadero, el texto se mostrará en cursiva. (No podemos garantizar que la combinación de negrita y cursiva esté disponible en todos los dispositivos). Disponible desde el formato de archivo Phyphox 1.8 (Phyphox 1.1.3).

### **alinear**

Se puede configurar a la izquierda (predeterminado), al centro o a la derecha. La alineación del texto. (Tenga en cuenta que Phyphox aún no admite idiomas RTL, pero este atributo está diseñado para ser inverso en tales casos). Disponible desde el formato de archivo Phyphox 1.8 (Phyphox 1.1.3).

### **tamaño**

Establece el tamaño de fuente del elemento de información como factor del tamaño predeterminado. Por lo tanto, el valor predeterminado es 1. Disponible desde el formato de archivo Phyphox 1.8 (Phyphox 1.1.3).

### **Elemento de vista: separador**

El elemento separador no toma ninguna entrada ni escribe en ninguna salida. Simplemente actúa como un separador para brindar ayuda visual al agrupar otros elementos. El valor predeterminado es una altura muy delgada de 0,1 (en unidades de altura de línea de texto) y un color que coincide con el color de fondo de la pantalla del experimento. Para lograr un margen entre elementos, debe establecer la altura en 1 o, para crear una línea estrecha, establecer el color (como un valor hexadecimal RGB de seis dígitos o un color con nombre de Phyphox Colors) y dejar la altura en 0,1, opcionalmente. acolchado b otros dos elementos separadores.

### **color**

El color de todo el elemento (rectangular) como valor hexadecimal RGB de seis dígitos o una elección con nombre de los colores de Phyphox. Predeterminado: color de fondo.

### **altura**

La altura del separador en alturas de línea de texto. Predeterminado: 0,1.

## **Elemento de vista: valor**

El elemento de valor muestra un valor único al usuario. Si el búfer de entrada contiene más de un valor, se mostrará el último valor. La entrada se define mediante una etiqueta de entrada simple dentro del bloque de valor y debe ser un contenedor de datos (ver arriba).

Desde la versión 1.5 (Phyphox 1.0.7), puede definir asignaciones de rango con la etiqueta de mapa. La etiqueta del mapa incluye una cadena que reemplazará el número y la unidad que se mostrarían de otro modo. Phyphox probará todas las asignaciones en el orden en que se proporcionan y reemplazará la salida con la primera asignación que se aplique. Se aplica una asignación si el valor que se mostrará se encuentra dentro del rango dado por los atributos mínimo y máximo (inclusive). min y max se pueden omitir y el valor predeterminado es infinito negativo y positivo. Por lo tanto, una etiqueta de mapa sin ningún atributo actúa como un caso general.

### **etiqueta**

Una etiqueta para este elemento.

### **color**

El color del texto como valor hexadecimal RGB de seis dígitos o una opción con nombre de los colores de Phyphox. Predeterminado: blanco, disponible desde el formato de archivo Phyphox 1.7 (Phyphox 1.1.0).

### **tamaño**

El tamaño del valor mostrado en relación con el tamaño de fuente predeterminado. La etiqueta y la unidad permanecerán en su tamaño original. Disponible desde el formato de archivo Phyphox 1.2 (Phyphox 1.0.3), predeterminado: 1.

### **precisión**

El número de dígitos después del punto decimal. Predeterminado: 2.

### **científico**

Si se establece en verdadero, el valor se mostrará en notación científica (1,0e-3 en lugar de 0,001). Predeterminado: falso.

### **unidad**

Una unidad que se mostrará después del valor. Predeterminado: sin unidad.

## factor

Un factor que se aplicará al valor antes de mostrarlo. Esto generalmente se usa para la conversión de unidades. Ejemplo: Los datos están en metros, pero deben mostrarse en cm. El factor sería 0,01. Predeterminado: 1,0.

## Elemento de vista: gráfico

El elemento gráfico mostrará un gráfico de los datos de YBUFFER frente a los datos de XBUFFER. Los buffers de entrada están definidos por etiquetas de entrada dentro del bloque de valor y deben ser contenedores de datos (ver arriba). Las etiquetas de entrada están vinculadas a los ejes con un atributo de eje adicional a la etiqueta de entrada, que puede ser x o y.

El gráfico resultante puede estar formado por líneas (predeterminado) o puntos (establezca el estilo del atributo en puntos). (ver descripciones de atributos a continuación)

Los atributos de actualización parcial se utilizan para optimizar el rendimiento. PartialUpdate debe establecerse en verdadero cuando el búfer nunca se cambia por completo, pero los datos nuevos simplemente se agregan con valores x crecientes. PartialUpdate permitirá entonces que sólo estos datos se transfieran en la interfaz web para ahorrar ancho de banda.

## etiqueta

Una etiqueta para este elemento.

## relación de aspecto

La relación entre el ancho total de este elemento y la altura total de este elemento en la vista. (Incluyendo etiquetas y ejes). Predeterminado: 3.

## estilo

Si se establece en puntos, el gráfico no conectará los valores con líneas. Consulte a continuación los estilos adicionales introducidos con el formato de archivo 1.7 (Phyphox 1.1.0). Predeterminado: líneas de visualización

## actualización parcial

Si se establece en verdadero, esto permite optimizaciones que solo funcionan si los datos se agregan con valores x crecientes. Un ejemplo típico son los datos del sensor: solo se agregan unos pocos valores nuevos y cada punto de datos tiene una marca de tiempo mayor que el anterior. En tales casos, esto debe establecerse en verdadero, ya que permite que la interfaz web solo transfiera estos nuevos puntos de datos. Predeterminado: falso.

### **etiquetaX**

La etiqueta del eje x. Predeterminado: vacío, pero siempre debes etiquetar tus ejes... (Ten en cuenta que desde el formato de archivo 1.7 (Phyphox 1.1.0) debes configurar la unidad por separado en el atributo unitX).

### **etiquetaY**

La etiqueta del eje y. Predeterminado: vacío, pero siempre debes etiquetar tus ejes... (Ten en cuenta que desde el formato de archivo 1.7 (Phyphox 1.1.0) debes configurar la unidad por separado en el atributo unitY)

### **unidadX**

La unidad del eje x. Predeterminado: vacío, las unidades se agregarán a la etiqueta, pero también se usarán para proporcionar valores de puntos de datos individuales con las unidades correctas. Disponible desde el formato de archivo Phyphox 1.7 (Phyphox 1.1.0).

### **unidad**

La unidad del eje y. Predeterminado: vacío, las unidades se agregarán a la etiqueta, pero también se usarán para proporcionar valores de puntos de datos individuales con las unidades correctas. Disponible desde el formato de archivo Phyphox 1.7 (Phyphox 1.1.0).

### **unidadYperX**

Una unidad explícita para pendientes; si no se establece, Phyphox usará "unidadY/unidadX". Predeterminado: no configurado, Phyphox recurrirá para generar esto desde las unidades x e y. Disponible desde el formato de archivo Phyphox 1.10 (Phyphox 1.1.6).

### **tiempoOnX.**

Si se establece en verdadero, los datos x deben ser datos de tiempo en segundos en relación con el primer inicio del experimento. Esto permite marcar eventos de inicio/pausa y cambiar a una escala de tiempo del sistema (es decir, fecha y hora absolutas) en el eje x. Disponible desde el formato de archivo Phyphox 1.12 (Phyphox 1.1.8). Predeterminado: falso.

### **tiempoOnY**

Si se establece en verdadero, los datos de y deben ser datos de tiempo en segundos en relación con el primer inicio del experimento. Esto permite marcar eventos de inicio/pausa y cambiar a una escala de tiempo del sistema (es decir, fecha y hora absolutas) en el eje y. Disponible desde el formato de archivo Phyphox 1.12 (Phyphox 1.1.8). Predeterminado: falso.

### linealTiempo

Si se establece en verdadero, el tiempo en cada eje se interpreta como tiempo "lineal", que es idéntico al tiempo de "experimento" con la diferencia de que la marca de tiempo aumenta incluso cuando Phyphox está en pausa. Esto permite especialmente trazar datos de fuentes externas que tienen su propio reloj interno. En estos casos, puede utilizar el módulo de temporizador para obtener un tiempo de referencia para cambiar los datos de un reloj externo de forma adecuada. Si el gráfico se muestra con la hora del sistema en el eje, se muestran todos los datos, pero si el eje está configurado para experimentar la hora, los puntos de datos con el tiempo lineal correspondientes a los tiempos durante los cuales Phyphox estuvo en pausa se ocultarán. Si linearTime se establece en falso, se espera el tiempo del experimento (el valor predeterminado). Disponible desde el formato de archivo Phyphox 1.12 (Phyphox 1.1.8). Predeterminado: falso.

### hora del sistema

Si se establece en verdadero, los ejes de tiempo comenzarán como una escala de tiempo del sistema (el usuario siempre puede cambiarlos). Disponible desde el formato de archivo Phyphox 1.12 (Phyphox 1.1.8). Predeterminado: falso.

### ocultar marcadores de tiempo

Si se establece en verdadero, no se muestran marcadores rojos para indicar los momentos en que se detuvo el experimento. Disponible desde el formato de archivo Phyphox 1.14 (Phyphox 1.1.10). Predeterminado: falso (= los marcadores son visibles).

### registroX

Si se establece en verdadero, el eje x estará en una escala logarítmica. Predeterminado: falso.

### pesado

Si se establece en verdadero, el eje y estará en una escala logarítmica. Predeterminado: falso.

### xPrecisión

El número de dígitos significativos en el eje x. Disponible desde el formato de archivo Phyphox 1.2 (Phyphox 1.0.3). Predeterminado: 3.

### yPrecisión

El número de dígitos significativos en el eje y. Disponible desde el formato de archivo Phyphox 1.2 (Phyphox 1.0.3). Predeterminado: 3.

### **marta**

Valor más bajo en el eje x. Sólo se aplica si scaleMinX = fijo.  
Predeterminado: 0.

### **máxX**

Valor más alto en el eje x. Sólo se aplica si scaleMaxX = fijo.  
Predeterminado: 0.

### **minY**

Valor más bajo en el eje y. Sólo se aplica si scaleMinY = fijo.  
Predeterminado: 0.

### **maxY**

Valor más alto en el eje y. Solo se aplica si scaleMaxY = fijo.  
Predeterminado: 0.

### **escalaMinX**

Método para escalar el mínimo del eje x. auto siempre escala este valor al mínimo del conjunto de datos. ampliar escalas hasta el mínimo histórico. fijo establece el mínimo en minX. Predeterminado: automático.

### **escalaMaxX**

Método para escalar el máximo del eje x. auto siempre escala este valor al máximo del conjunto de datos. ampliar escalas hasta el máximo histórico. fijo establece el mínimo en maxX. Predeterminado: automático.

### **escalaMinY**

Método para escalar el mínimo del eje y. auto siempre escala este valor al mínimo del conjunto de datos. ampliar escalas hasta el mínimo histórico. fijo establece el mínimo en minY. Predeterminado: automático.

### **escalaMaxY**

Método para escalar el máximo del eje y. auto siempre escala este valor al máximo del conjunto de datos. ampliar escalas hasta el máximo histórico. fijo establece el mínimo en maxY. Predeterminado: automático.

### **seguirX**

Si se establece en verdadero, el gráfico sigue los datos nuevos con una escala de eje x fija. Esto es lo mismo que seleccionar "seguir nuevos datos" en el cuadro de diálogo de zoom. El ancho del eje x debe definirse configurando minX y maxX. La configuración de followX anula scaleMinX y scaleMaxX y también fuerza la actualización parcial a verdadero. Disponible desde el formato de archivo Phyphox 1.15 (Phyphox 1.1.11). Predeterminado: falso.

### ancho de línea

Ancho de la línea del gráfico en relación con el ancho predeterminado. Valor predeterminado: 1.

### color

Color de la línea del gráfico como valor hexadecimal RGB de seis dígitos o una opción con nombre de los colores de Phyphox. Predeterminado: Phyphox naranja

### Advertencia de obsolescencia:

Esta función se ha marcado como obsoleta y se eliminará pronto. Impleméntelo en la lógica de análisis de Phyphox utilizando contenedores de datos adicionales y copiando el gráfico que se muestra en estos en cada actualización. Esto tiene varias ventajas, como poder exportar los datos del historial y un mejor control sobre su estilo. Descripción original: El número de gráficos que se mostrarán. 1 significa que se muestran los datos actuales. n significa que se muestran n gráficos, y n-1 gráficos contienen los datos de la actualización anterior. Este atributo solo tiene sentido cuando todo el gráfico se reemplaza en cada ciclo de análisis y se puede usar para comparar los n resultados anteriores dentro de un solo gráfico. En desuso desde el formato de archivo Phyphox 1.15 (Phyphox 1.1.12). Predeterminado: 1.

### Gráfica de barras

Desde el formato de archivo 1.7, también puede utilizar gráficos de barras configurando el estilo en "hbars" o "vbars" para barras horizontales o verticales, respectivamente. Para los gráficos de barras, también define los valores x e y como lo hace para los gráficos de líneas, pero el valor x representa el borde izquierdo de una barra mientras que y representa su altura (para las barras horizontales, y define la parte inferior y x el ancho). Cada barra termina donde comienza la siguiente y la última altura no se dibujará ya que solo marca el final de la barra anterior. Por lo tanto, para dibujar 4 barras, debes proporcionar 5 pares de valores.

Para los gráficos de barras, el ancho de la línea describe el espacio entre las barras. Un ancho de línea de 1 significa que no hay espacio, mientras que un ancho de línea de 0,5 significa que las barras solo ocupan el 50% del ancho disponible (estarán centradas en este espacio).

### Gráficos de mapas de colores

El formato de archivo 1.7 también introduce gráficos de mapas de colores (también conocidos como gráficos de colores falsos). Estos no representan los

valores de  $y$  en función de los valores de  $x$ , sino los valores de  $z$  en función de  $x$  e  $y$ .  $z$  se codifica como un color y el resultado es un mapa de diferentes colores.

Por lo tanto, debe proporcionar tres conjuntos de datos, " $x$ ", " $y$ " y " $z$ ". Esto se hace de manera similar a los gráficos 2D tradicionales:

Tenga en cuenta que los tres búferes deben proporcionar la misma cantidad de valores y que sus índices deben coincidir. No es necesario que cada valor de cada fila tenga exactamente el mismo valor, por lo que se debe proporcionar el valor para cada punto de datos. Sin embargo, no se puede simplemente proporcionar puntos de datos distribuidos arbitrariamente.

El mapa de colores crea una red a partir de los puntos proporcionados, que luego se colorea. Para ello, se establece un parámetro adicional "mapWidth" para la etiqueta del gráfico, que define cuántos puntos de datos forman una fila. Los puntos de datos dentro de esta fila pueden estar en ubicaciones ligeramente variadas que se mostrarán correctamente (aunque la interfaz remota no mostrará su ubicación correctamente), pero las desviaciones muy grandes pueden provocar una imagen distorsionada ya que la conexión con la siguiente fila no coincidirá.

También tenga en cuenta que, debido al uso típico de dichos mapas de color, el atributo "partialUpdate" (ver arriba) ahora se aplica al eje  $y$ , que debe ser monótono en lugar del eje  $x$ .

El gráfico del mapa de colores introduce los siguientes atributos adicionales:

- **etiquetaZ**

La etiqueta del eje  $z$ . Predeterminado: vacío, pero siempre debes etiquetar tus ejes.

- **registroZ**

Si se establece en verdadero, el eje  $x$  estará en una escala logarítmica. Predeterminado: falso.

- **zPrecisión**

El número de dígitos significativos en el eje  $z$ . Predeterminado: 3.

- **minZ**

Valor más bajo en el eje  $z$ . Sólo se aplica si `scaleMinZ = fijo`. Predeterminado: 0.

- **maxZ**

Valor más alto en el eje z. Sólo se aplica si `scaleMaxZ = fijo`. Predeterminado: 0.

- **escalaMinZ**

Método para escalar el mínimo del eje z. auto siempre escala este valor al mínimo del conjunto de datos. ampliar escalas hasta el mínimo histórico. fijo establece el mínimo en `minZ`. Predeterminado: automático.

- **escalaMaxZ**

Método para escalar el máximo del eje z. auto siempre escala este valor al máximo del conjunto de datos. ampliar escalas hasta el máximo histórico. fijo establece el mínimo en `maxZ`. Predeterminado: automático.

- **ancho del mapa**

Número de puntos de datos por línea. Opcional, pero si no se utiliza un gráfico de mapa de colores no funcionará.

- **colorMapa[n]**

n-ésimo color en el mapa de colores, *opcional*, si no hay ninguno definido, Phypox usa un degradado de color negro-naranja-blanco.

También puedes definir tu propia paleta de colores. Phypox utiliza un degradado negro, naranja y blanco de forma predeterminada, pero introducir más colores puede resultar muy útil para mejorar el contraste. Los colores a se definen simplemente como una serie de colores que se distribuyen en el rango z.

## Múltiples gráficos

Desde el formato de archivo 1.7 (Phypox 1.1.0), también puede combinar varios tipos de gráficos (excepto el mapa de colores). Para hacerlo, simplemente puede definir más de un conjunto de datos para x e y:

Puede definir diferentes colores (atributo de color), anchos de línea (`lineWidth`) y estilos de trazado (estilo como línea, puntos, `vbars` o `hbars`) aplicando estos atributos a la etiqueta de entrada en lugar de a la etiqueta de gráfico. Aquí, no importa si las defines para el eje x o y, pero debes asegurarte de que todas las entradas estén asignadas a un eje y que estén ordenadas correctamente.

### Elemento de vista: editar

El elemento de edición muestra un cuadro de edición, que toma datos del usuario y los escribe en un búfer. La salida se define mediante una etiqueta *de salida simple* dentro del bloque de valor y debe ser un contenedor de datos (ver arriba).

#### **etiqueta**

Una etiqueta para este elemento.

#### **firmado**

Si se establece en falso, el usuario no podrá ingresar números negativos. Predeterminado: verdadero.

#### **decimal**

Si se establece en *falso*, el usuario no podrá ingresar números decimales (es decir, no enteros). Predeterminado: verdadero.

#### **mín.**

El valor mínimo permitido. Deshabilite al no configurar este atributo. Disponible en formato de archivo Phyphox 1.1 (Phyphox 1.0.2). Predeterminado: deshabilitado.

#### **máximo**

El valor máximo permitido. Deshabilite al no establecer este atributo. Disponible en formato de archivo Phyphox 1.1 (Phyphox 1.0.2). Predeterminado: deshabilitado.

#### **unidad**

Una unidad que se mostrará después del valor. Predeterminado: sin unidad.

#### **factor**

Un factor que se aplicará al valor antes de mostrarlo. Esto generalmente se usa para la conversión de unidades. Ejemplo: Los datos están en metros, pero deben mostrarse en cm. El factor sería 0,01, predeterminado: 1,0.

#### **por defecto**

El valor predeterminado del cuadro de edición. El experimento comenzará con este valor. Predeterminado: 0,0.

### Elemento de vista: botón

Disponible desde el formato de archivo phyph ox 1.3 (Phyphox 1.0.4)

El elemento botón muestra un botón simple, que interactúa con los buffers fuera del ciclo de análisis. Cada vez que el usuario presiona el botón, el último valor de cada entrada (que puede ser tipo de valor o contenedor de datos) se escribe en cada salida (la primera entrada se escribe en la primera salida, la segunda en la segunda y así sucesivamente). Tenga en cuenta que esto no sucede en un momento determinado durante el análisis, sino entre ciclos de análisis, independientemente de cuándo el usuario presiona el botón.

Desde la versión 1.4 (Phyphox 1.0.6), puede definir entradas vacías (type="empty"), lo que permite borrar efectivamente un buffer al presionar el botón.

Desde la versión 1.8 (Phyphox 1.1.3), además de definir el búfer de entrada y salida (o generalmente como alternativa), puede configurar una etiqueta de activación que defina una identificación. Esto desencadena procesos coincidentes con la misma identificación como una [conexión de red](#) (el único ejemplo en el momento de escribir este artículo).

### **etiqueta**

Una etiqueta para este elemento.

### Elemento de vista: profundidad-gui

Disponible desde el formato de archivo Phyphox 1.14 (Phyphox 1.1.10)

Esta es una vista previa y control para una entrada de profundidad, que muestra una vista previa de la cámara y permite seleccionar un área de adquisición, un método de agregación y cambiar de cámara. Por el momento, sólo puedes configurar la etiqueta. Tenga en cuenta que esto sólo tiene sentido si también utiliza una entrada de profundidad en la configuración.

## A.2.6 Bloque: exportar

El bloque de exportación puede contener uno o más bloques establecidos, agrupando y nombrando múltiples contenedores de datos como una unidad lógica para escribirse en un archivo cuando el usuario desee exportar los datos. El usuario puede elegir entre estos conjuntos y, por ejemplo, seleccionar si quiere sólo los datos sin procesar, los resultados del análisis o todo lo que esté en su archivo exportado.

### A.2.7 Bloque: conjunto

El bloque set definirá un grupo de contenedores de datos que se exportarán. El nombre del atributo se mostrará al usuario, ya que puede elegir cuál de los conjuntos debe exportarse. También estos conjuntos podrán estar representados en el fichero final. Por ejemplo, una exportación CSV da como resultado un archivo ZIP que contiene archivos CSV separados para cada conjunto. En otro ejemplo, una exportación de Excel contendrá una hoja separada para cada conjunto.

#### Etiqueta: datos

Dentro de cada conjunto, puede definir múltiples entidades de datos. Cada uno de ellos asigna un contenedor de datos a un nombre que se muestra al usuario. Normalmente, este nombre es el título de la columna correspondiente a los datos del archivo exportado.

#### **nombre**

Un nombre que describe los datos.

### A.2.8 Bloque: red

El bloque de red puede definir conexiones de red que permiten solicitar valores o enviar datos a un servicio en una red (local o Internet). Puede consultar más información acerca de este bloque en el siguiente enlace [enlace](#).

### A.2.9 Bloque: eventos

El bloque de eventos se introdujo con el formato de archivo 1.12 (Phyphox versión 1.1.8) como una solución temporal para almacenar datos de referencia de tiempo y eventos. Se admitirá en el futuro para permitir la lectura de archivos de estado de experimentos antiguos, pero en el momento de escribir este artículo, no habrá ningún uso específico para esta función una vez que el estado del experimento se almacene en un formato que separe los datos medidos (y los eventos). del archivo de configuración de Phyphox.

El bloque de eventos contiene toda la lista de bloques de eventos con etiquetas correspondientes a cualquier evento conocido, que actualmente son inicio y pausa. Cada evento necesita tener un atributo `experimentTime` y un atributo `systemTime` que proporcione el tiempo del experimento (segundos desde el primer inicio, ignorando las pausas) y el tiempo del sistema (milisegundos desde 1970) del evento.

## Anexo 3 - Guía del Editor de experimentos Phyphox

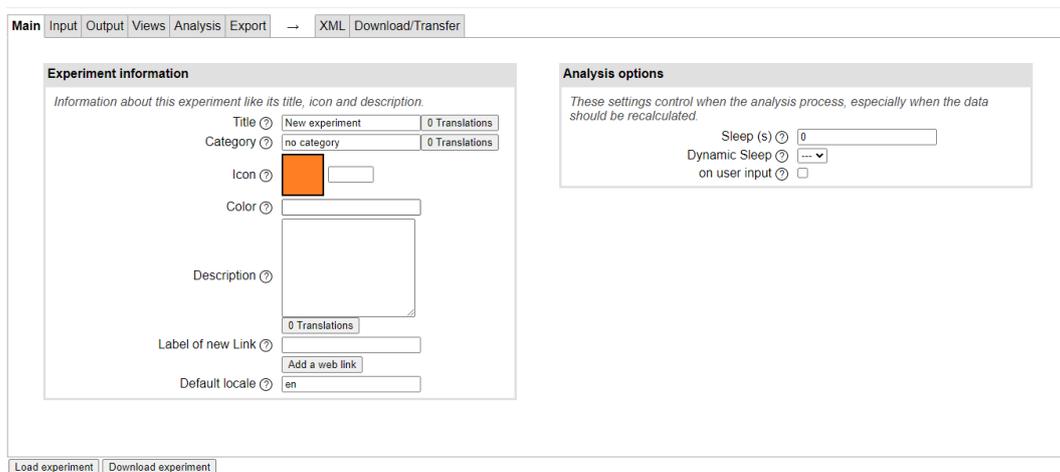
El editor de experimentos visuales, es básicamente un contenedor a modo interface para el formato de archivo Phyphox, puede consultar toda la información sobre el formato de archivo Phyphox en el anexo 2 de este proyecto, allí podrá consultar cualquier detalle sobre cualquier módulo, parámetro u opción.

### A.3.1 Descripción general

Actualmente, existen tres formas de crear experimentos para Phyphox. La primera, y la más obvia, es crear una dentro de la aplicación. En estos sencillos experimentos, sólo puedes registrar datos de diferentes sensores a una velocidad determinada. No hay análisis de datos. Esta función es buena si solo necesita registrar datos para su posterior análisis, pero si desea descripciones, íconos, su propio diseño y análisis de datos reales en el teléfono, necesita una de las otras dos opciones.

Todos los experimentos en Phyphox están definidos en archivos Phyphox, incluso los que ya vienen con Phyphox. De hecho, en el editor visual, puedes cargar y cambiar los experimentos existentes para lograr lo que deseas sin comenzar desde cero. Un archivo Phyphox es solo un archivo de texto que define todas las propiedades de un experimento usando XML. XML es un lenguaje muy común para estructurar información y si está familiarizado con XML, es posible que desee crear sus experimentos escribiendo directamente su archivo en un editor de texto simple.

La tercera opción es el [editor de experimentos visuales](#), accesible desde cualquier navegador (figura 29). Probablemente esta solución sea la más adecuada para la mayoría de usuarios.



The screenshot shows the main interface of the Phyphox editor. At the top, there is a navigation bar with tabs: Main, Input, Output, Views, Analysis, Export, XML, and Download/Transfer. The main content area is divided into two panels. The left panel, titled 'Experiment information', contains fields for Title (New experiment), Category (no category), Icon (an orange square), Color, Description, Label of new Link, and Default locale (en). The right panel, titled 'Analysis options', contains settings for Sleep (s), Dynamic Sleep, and on user input. At the bottom, there are two buttons: 'Load experiment' and 'Download experiment'.

Fig. 29 pantalla principal del editor de experimentos de Phyphox

### A.3.2 Guardar carga

Primero, echemos un vistazo a los dos botones en la parte inferior: "Download experiment" (Figura 30) le permite descargar y, por lo tanto, guardar su trabajo cuando haya terminado, mientras que "Load experiment" (Figura 31) le permite cargar su archivo Phypbox nuevamente.

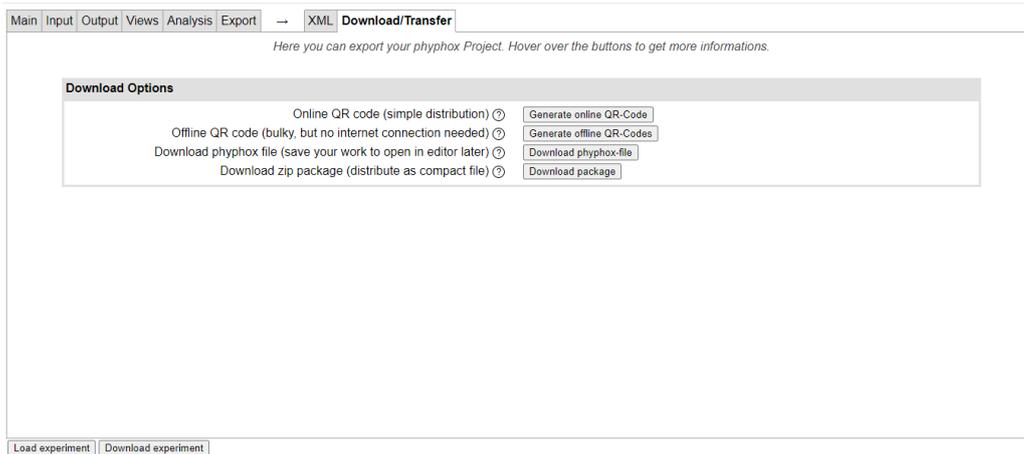


Fig. 30 Pantalla de descarga de experimento

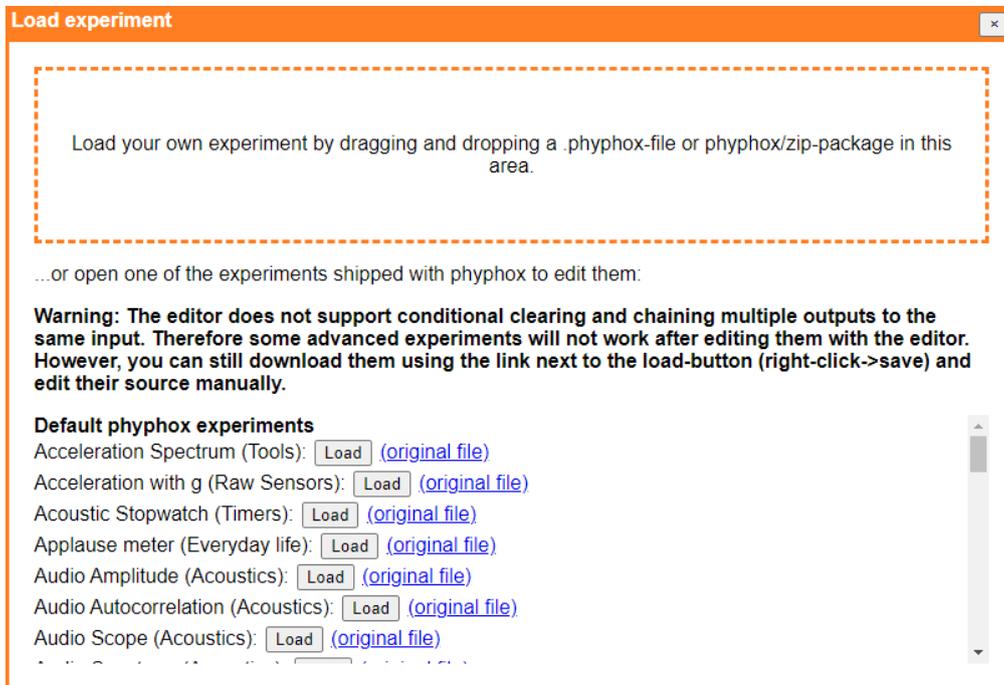


Fig. 31 Pantalla de carga de experimento

En realidad, en "Load experiment", puede arrastrar su propio archivo al rectángulo discontinuo o puede elegir uno de los experimentos que vienen con Phyphox. Entonces, si alguno de nuestros experimentos es similar a lo que desees hacer, simplemente presiona el botón y cámbialo según tus necesidades.

### A.3.2 Pestaña principal (Main)

En la parte superior, hay diferentes pestañas. Todas ellas representan diferentes aspectos del experimento.



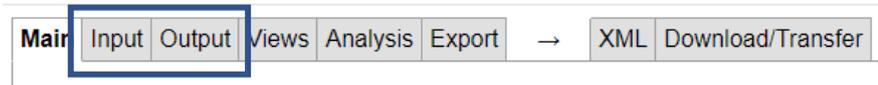
El primero es "Main". Contiene información genérica sobre su experimento, como el título, un icono o una descripción. Puede colocar el cursor sobre cualquiera de los signos de interrogación para obtener más información y detalles sobre cada una de las configuraciones. También notarás el botón de traducción al lado de la mayoría de los campos de texto. Aquí puede ingresar el texto que debe mostrarse en un idioma diferente si desea traducir su experimento. Si no desea traducirlo, simplemente ignore estos botones.

También hay otro cuadro en la pestaña "principal" llamado "Opciones de análisis". Estos determinan la frecuencia con la que Phyphox debe analizar sus datos. De forma predeterminada, Phyphox analizará sus datos todo el tiempo, lo que significa que toma todos los datos registrados, aplica los cálculos que discutiremos más adelante y, cuando termine, simplemente comenzará los cálculos nuevamente con los datos actuales.

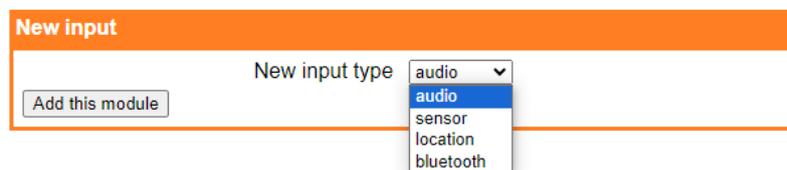
Esto es bueno para la mayoría de los experimentos, pero a veces desea que Phyphox espere un momento o solo haga cálculos cuando el usuario haya cambiado una configuración.

Ejemplos de esto son los experimentos acústicos en los que la configuración "dormir" se utiliza para esperar hasta que se hayan grabado suficientes datos a través del micrófono o el experimento del generador de tonos que no registra nada de los sensores, por lo que la configuración "según la entrada del usuario" le indica que solo rehace sus cálculos cuando el usuario cambia la frecuencia del tono.

### A.3.3 Pestaña Entrada/Salida (Input/Output)

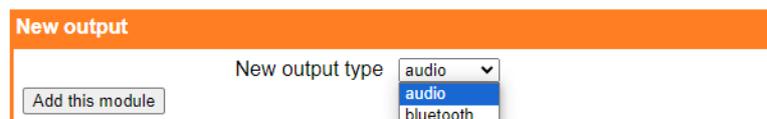


En la pestaña "Input" puede definir cualquier fuente de datos que entre en Phyphox.



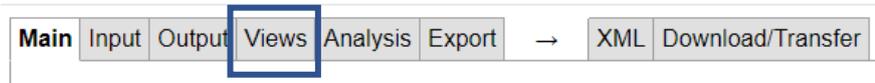
"Audio", es el micrófono, "sensor", es cualquiera de los sensores del teléfono como el acelerómetro o el giroscopio, "location" que es el GPS y "bluetooth", que es un dispositivo bluetooth. Por supuesto, puedes agregar más de una entrada. Cada tipo de entrada tiene diferentes configuraciones, que nuevamente se explican si coloca el cursor sobre los signos de interrogación.

La pestaña de salida es muy similar, solo que esta vez define cualquier dispositivo al que Phyphox debe enviar datos.

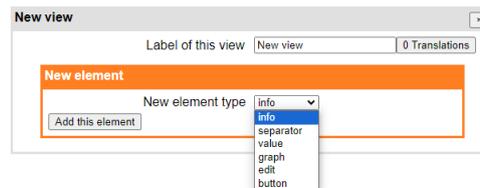


"Audio", que es el altavoz del teléfono y "bluetooth" que permite emitir los datos a través de la señal bluetooth del teléfono.

### A.3.3 Pestaña Vistas (Views)



En la siguiente pestaña, llamada "Views", puedes diseñar la interfaz para tus usuarios. La interfaz de Phypnox consta de diferentes elementos, que se colocan en diferentes vistas. En la aplicación real, una vista se muestra como una pestaña. Por ejemplo, el experimento de balanceo tiene dos vistas, una se llama "Velocity" y la otra se llama "Raw data". La vista de datos sin procesar (Raw data) solo tiene un elemento, que es un gráfico que muestra el eje y del giroscopio. La otra vista, "Velocity", tiene tres elementos, un elemento de edición que permite al usuario ingresar el radio del rollo y dos gráficos que muestran la velocidad en el tiempo en m/s y km/h.

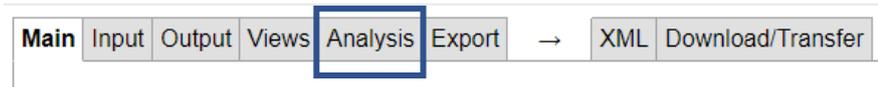


Actualmente, existen seis tipos diferentes de elementos:

- "Info" que muestra texto simple al usuario. El valor muestra un valor único; si está conectado a una fuente con múltiples valores, mostrará el último valor.
- "separator", permite ingresar un separador entre diferentes áreas del experimento.
- "value" permite definir un valor fijo para el experimento.
- "graf" muestra un gráfico.
- "edit" es un campo de entrada donde el usuario puede ingresar un valor, que se utiliza en sus cálculos, como el radio del rollo.
- "button" crea un botón que puede genera una acción al ser accionado.

Cada elemento tiene configuraciones individuales, puede explorar colocando el cursor sobre los signos de interrogación o aprender sobre ellos en la documentación del formato de archivo del anexo 2.

### A.3.3 Pestaña de análisis (Analysis)



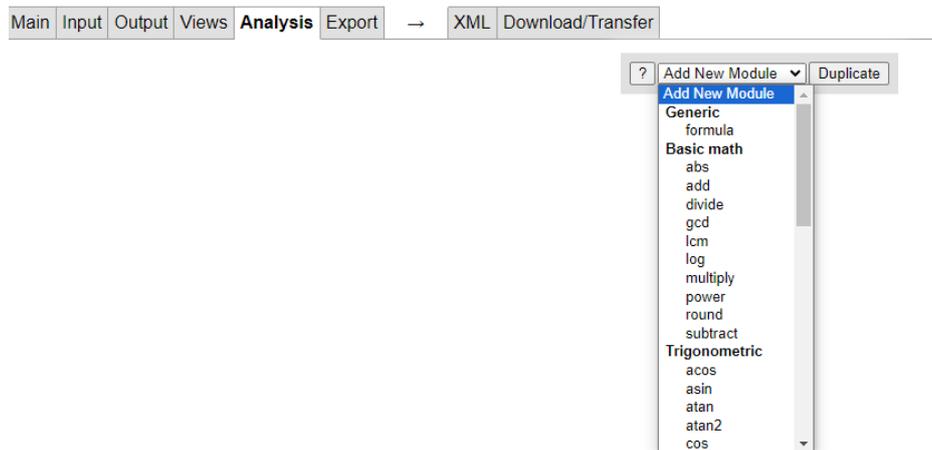
Ahora llegamos a la parte complicada, donde las entradas, salidas y las vistas están conectadas con algunas matemáticas intermedias en la pestaña "Analysis". Notarás que todos los elementos que agregaste antes ya están aquí. Entonces, cualquier entrada, salida o vista de las pestañas anteriores aparece en esta pestaña y se puede conectar. Además, puede agregar aún más módulos como operaciones matemáticas sobre los datos. Si hace clic en el nombre, se expandirán, por lo que puede cambiar su configuración aquí.

También notará que la mayoría de los elementos de vista tienen signos más en la parte superior. Aquí es donde puedes ponerles datos. Por el contrario, no se pueden poner datos en módulos de entrada, por lo que no tienen estos signos más. En cambio, tienen líneas a su derecha porque puede obtener datos de ellas. Cada línea es una salida, si están en gris no se utilizan. Para utilizar una salida, debe adjuntar un búfer. Para hacerlo, haga clic en la línea gris, luego haga clic en crear y la línea se vuelve naranja.

Si vuelve a hacer clic en la línea, obtendrá algunas opciones para el búfer. El nombre es sólo una referencia interna, puedes elegir cualquier cosa que te ayude a recordar lo que estás haciendo en este búfer. Sin embargo, si usa un nombre dos veces, el editor eventualmente agregará números para distinguir los buffers. La parte complicada es el tamaño del búfer. Piense en el búfer como una larga lista de números. Los nuevos valores siempre se agregan al final de la lista. Si la lista supera esta longitud, el primer valor se elimina cuando se agrega un nuevo número al final de la lista, por lo que la longitud de la lista sigue siendo la misma. Si establece el tamaño del búfer en uno, solo podrá utilizar el último número para sus cálculos. Para un experimento sencillo sin cálculos pesados, existe una configuración especial, que es cero. Esto hace que el buffer sea infinito. Pero solo debes usar esto para experimentos simples, ya que puede volverse pesado rápidamente para los teléfonos más antiguos cuando los datos siguen acumulándose. La otra configuración "estática" es menos importante. Puede marcarlo si los valores en un búfer nunca tienen que calcularse por segunda vez, para que Phyphox pueda guardar algunos recursos allí. Por ejemplo, la estática tiene sentido si los valores se calculan puramente a partir de constantes y no a partir de datos de sensores o entradas del usuario.

Cuando haces clic en el signo más de un módulo, puedes elegir la fuente de datos. Por ejemplo, un búfer. La alternativa, "valor", le permitiría ingresar un único número constante. Si elige conectar un búfer, puede hacer clic en el botón con tres puntos debajo y luego hacer clic en el búfer (es decir, la línea naranja horizontal) que desea usar. El botón ahora muestra el nombre del búfer y puede confirmar su elección con Aceptar. Ahora puede ver que el búfer está conectado al gráfico.

Si desea agregar matemáticas, use el botón insertar entre los elementos existentes para agregar módulos de análisis. Una vez más, hay muchos módulos y opciones, por lo que sí está buscando una operación matemática específica, eche un vistazo a la documentación de formato de archivo en esta wiki para conocer los módulos existentes. Y si necesitas algo que no está aquí, envíanos un correo electrónico y agregaremos la función.



Notarás que la mayoría de los módulos de análisis tienen botones más y líneas a la derecha. Obviamente, ingresas datos y obtienes un resultado. Pero aquí hay algo diferente. El menú de entrada y el menú de búfer tienen una opción adicional llamada "borrar" y pueden ser bastante complicadas y son una fuente típica de error.

Sin ningún "borrado" habilitado, Phypox siempre seguirá agregando datos a los buffers, tal como lo espera de un sensor. Como ejemplo, usted hace su cálculo con los primeros cinco valores de un sensor y los agrega a un búfer que va a un gráfico. Se realizan los cálculos y Phypox comienza a calcular nuevamente. Esta vez están los primeros cinco valores en el buffer, así como cinco valores nuevos, que se registraron durante la primera ronda de cálculos. Entonces, Phypox calculará los datos nuevamente para los primeros cinco valores y luego para los cinco valores nuevos y los agregará todos al búfer que va al gráfico. Pero este buffer ya tiene cinco valores de la última ronda, por lo

que terminamos con 15 valores de los cuales los primeros cinco se repiten. ¡Esto es confuso y no es lo que quieres!

Entonces, hay dos opciones: La opción 1 es habilitar "borrar" en la entrada, de modo que el búfer del sensor se borre al leerlo como fuente para el análisis. De esta forma, el buffer que contiene los datos del sensor queda vacío después de leerlo y en la siguiente ronda solo contendrá los nuevos datos. A veces esto es exactamente lo que desea, pero a veces aún necesita los datos para otro gráfico o más cálculos. Primero podría copiar los datos en un búfer diferente, pero existe una solución mejor.

En muchos casos, cuando las operaciones matemáticas no son demasiado pesadas, puede simplemente borrar el búfer en el que escribes los resultados de su análisis. El inconveniente es que Phyphox recalculará todos los datos cada vez, pero está bien si el cálculo no es una tarea tan pesada. Entonces, en el ejemplo simple, el búfer que va al gráfico siempre contendrá valores nuevos correspondientes a los valores en el búfer del sensor y, también muy importante, el búfer de tiempo del mismo sensor.

### A.3.4 Pestaña exportar (Export)



Hay una pestaña más, que no debes olvidar. La pestaña de exportación define qué datos deben guardarse si el usuario los exporta. En experimentos complejos, no queremos guardar cada búfer con datos intermedios, por lo que debe indicarle a Phyphox qué datos son relevantes. La exportación se estructura en diferentes conjuntos. Puede pensar en cada conjunto como una colección de datos que se pueden presentar en una sola tabla. Al exportar como un archivo CSV, cada conjunto se exportará como un archivo individual o cuando exporte en formato Excel, cada conjunto será una hoja de trabajo diferente dentro de ese archivo Excel.



### A.3.5 Pestaña XML

La pestaña XML, simplemente nos muestra la fuente del archivo Phyphox generado, que puede ser útil para aprender XML o verificar errores.

## **Anexo 4 - Guía detallada Physics Toolbox**

fuelle: <https://www.vieyrasoftware.net/>

### **A.4.1 Sensores y Generadores**

#### **A.4.1.1 Fuerza G (Sensor Inercial)**

##### **Modos que usan este sensor**

- Fuerza G
- Acelerómetro lineal
- Montaña Rusa
- Inclinómetro

##### **Descripción**

El medidor de Fuerza G mide la relación entre la fuerza normal y la fuerza gravitacional ( $F_N / F_g$ ) en tres dimensiones. La fuerza g cambia cuando el dispositivo móvil acelera: acelera, desacelera o cambia de dirección. Cuando el dispositivo móvil no está acelerando y está boca arriba con respecto a la superficie de la tierra, lee valores de fuerza g de 0, 0, 1.

Esto significa que una fuerza normal solo se experimenta en la dirección hacia arriba, y que tiene la misma fuerza que la fuerza de gravedad. Un objeto que experimenta una fuerza g vertical de 2 siente una fuerza dos veces más fuerte que la de la gravedad en la dirección ascendente (que se interpreta como "sentirse el doble de pesado").

Un objeto que experimenta una fuerza g de 0 está en caída libre (lo que se interpreta como "sentirse ingravido").

##### **Principio de Operación**

Los datos de la fuerza G se extraen directamente del acelerómetro. Los acelerómetros a menudo vienen en dos sabores: voladizos piezorresistivos y capacitivos.

Los voladizos piezorresistivos son protuberancias de silicio, a veces elaboradas con una paleta en el extremo que sirve como masa inercial. A medida que el dispositivo móvil acelera, el voladizo se dobla, cambiando la resistencia del silicio, que se interpreta como aceleración.

Alternativamente, un acelerómetro capacitivo contiene tres masas inerciales en forma de peine unidas a resortes, con una en cada dimensión.

Cuando el dispositivo móvil no está acelerando y está acostado, se mide una fuerza  $g$  total de 1 debido a la fuerza gravitacional que tira hacia abajo (y la fuerza de reacción hacia arriba resultante de igual fuerza).

Cuando el dispositivo móvil acelera, una o más masas inerciales a lo largo de las direcciones de aceleración se mueven en presencia de placas de condensadores entre las masas en forma de peine, variando el potencial eléctrico a través de las placas. El cambio en el potencial eléctrico a través de las placas se interpreta como aceleración y un cambio en la fuerza  $g$ .

#### **A.4.1.2 Acelerómetro Lineal (Sensor Inercial + Manipulación de Datos)**

##### **Modos que usan este sensor**

- Fuerza  $G$
- Acelerómetro Lineal
- Montaña Rusa

##### **Descripción**

El acelerómetro lineal mide la aceleración en línea recta en tres dimensiones diferentes. La aceleración lineal cambia cuando el dispositivo móvil acelera, desacelera o cambia de dirección.

Cuando el dispositivo móvil está en reposo con respecto a la superficie de la tierra, lee valores de aceleración de 0, 0, 0. La aceleración lineal difiere de la aceleración general.

Esto se debe a que los ingenieros suelen interpretar el desplazamiento de la masa inercial en la dirección  $z$  como la aceleración relativista de un objeto en la superficie de una tierra en rotación.

Esto es exacto cuando se considera a toda la Tierra como marco de referencia, pero no es exacto cuando se considera un marco de referencia local.

##### **Principio de Operación**

La aceleración lineal se deriva del medidor de fuerza  $g$ , pero también utiliza el giroscopio y el magnetómetro para anular los efectos del campo gravitacional de la tierra en el sensor. El acelerómetro contiene masas inerciales en voladizo o en forma de peine unidas a resortes, con una en cada dimensión. (Consulte la información sobre el medidor de fuerza  $g$ , el giroscopio y el magnetómetro).

### **A.4.1.3 Giroscopio (Sensor Inercial)**

#### **Modos que usan este sensor**

- Acelerómetro Lineal
- Giroscopio
- Montaña Rusa
- Brújula
- Clinómetro

#### **Descripción**

El giroscopio mide la velocidad de rotación alrededor de tres ejes.

#### **Principio de Operación**

El giroscopio a menudo se compone de una o un par de masas inerciales en forma de peine que pueden moverse libremente a lo largo de un plano. Una pequeña corriente eléctrica hace que los marcos de las estructuras en forma de peine resuenen en una sola dimensión.

Cuando el dispositivo móvil gira, la estructura en forma de peine comienza a moverse fuera de la dirección única de vibración resonante. Esto se debe al efecto Coriolis, a menudo atribuido a la fuerza de Coriolis (una fuerza falsa) que resulta de diferentes marcos de referencia.

A medida que el dispositivo móvil gira, la masa en forma de peine se mueve en presencia de placas de condensadores entre las estructuras en forma de peine, variando el potencial eléctrico a través de las placas.

Los cambios en el potencial eléctrico debido a la diferencia en la dirección de la vibración en comparación con un sistema no giratorio se interpretan como una velocidad de rotación.

#### **A.4.1.4 Barómetro**

##### **Modos que usan este sensor**

- Barómetro
- Montaña Rusa

##### **Descripción**

El barómetro mide la presión ambiental del dispositivo móvil.

##### **Principio de Operación**

El barómetro contiene una pequeña cavidad llena de gas que está completamente cerrada. La parte superior de la cavidad está cubierta con una membrana que tiene una red de resistencias incrustadas en su interior. A medida que la presión aumenta o disminuye, la membrana cambia de forma.

Como resultado del cambio de forma, las resistencias de la membrana experimentan cambios en la estructura cristalina, que luego cambia su resistividad. Los cambios en la resistencia a través de la membrana se interpretan como cambios en la presión atmosférica.

#### **A.4.1.5 Montaña Rusa (Sensor Combinado)**

##### **Modos que usan este sensor**

- Montaña Rusa

##### **Descripción**

La herramienta de montaña rusa está compuesta por una serie de sensores útiles para el análisis de montaña rusa, incluidos el medidor de fuerza g, el giroscopio y el barómetro.

##### **Principios de Operación**

(Vea la información sobre Fuerza G, Giroscopio, y Barómetro).

#### **A.4.1.6 Higrómetro (Sensor de Unidad Ambiental Integrado)**

##### **Modos que usan este sensor**

- Higrómetro (disponible en un número muy limitado de teléfonos inteligentes)

##### **Descripción**

El higrómetro mide la humedad relativa del aire. Esto se mide como un porcentaje de la capacidad de agua del aire, basado en la temperatura del aire.

##### **Principio de Operación**

El higrómetro incluye un pequeño chip con una membrana en el medio sostenida por uno o más voladizos que pueden medir la tensión. A medida que el agua se acumula en la membrana, se filtra. Una mayor tensión en el voladizo cambia su resistencia, lo que se interpreta como un cambio en la humedad relativa. Este valor se cuantifica con respecto a la temperatura ambiente. (Consulte la información del termómetro).

#### **A.4.1.7 Fuerza G (Sensor Inercial)**

##### **Modos que usan este sensor**

- Fuerza G
- Acelerómetro lineal
- Montaña Rusa
- Inclinómetro

##### **Descripción**

El medidor de Fuerza G mide la relación entre la fuerza normal y la fuerza gravitacional ( $F_N / F_g$ ) en tres dimensiones. La fuerza g cambia cuando el dispositivo móvil acelera: acelera, desacelera o cambia de dirección. Cuando el dispositivo móvil no está acelerando y está boca arriba con respecto a la superficie de la tierra, lee valores de fuerza g de 0, 0, 1. Esto significa que una fuerza normal solo se experimenta en la dirección hacia arriba, y que tiene la misma fuerza que la fuerza de gravedad.

Un objeto que experimenta una fuerza  $g$  vertical de 2 siente una fuerza dos veces más fuerte que la de la gravedad en la dirección ascendente (que se interpreta como "sentirse el doble de pesado"). Un objeto que experimenta una fuerza  $g$  de 0 está en caída libre (lo que se interpreta como "sentirse ingrávido").

### Principio de Operación

Los datos de la fuerza  $G$  se extraen directamente del acelerómetro. Los acelerómetros a menudo vienen en dos sabores: voladizos piezorresistivos y capacitivos. Los voladizos piezorresistivos son protuberancias de silicio, a veces elaboradas con una paleta en el extremo que sirve como masa inercial.

A medida que el dispositivo móvil acelera, el voladizo se dobla, cambiando la resistencia del silicio, que se interpreta como aceleración. Alternativamente, un acelerómetro capacitivo contiene tres masas inerciales en forma de peine unidas a resortes, con una en cada dimensión.

Cuando el dispositivo móvil no está acelerando y está acostado, se mide una fuerza  $g$  total de 1 debido a la fuerza gravitacional que tira hacia abajo (y la fuerza de reacción hacia arriba resultante de igual fuerza).

Cuando el dispositivo móvil acelera, una o más masas inerciales a lo largo de las direcciones de aceleración se mueven en presencia de placas de condensadores entre las masas en forma de peine, variando el potencial eléctrico a través de las placas.

El cambio en el potencial eléctrico a través de las placas se interpreta como aceleración y un cambio en la fuerza  $g$ .

#### A.4.1.8 Acelerómetro Lineal (Sensor Inercial + Manipulación de Datos)

##### Modos que usan este sensor

- Fuerza  $G$
- Acelerómetro Lineal
- Montaña Rusa

##### Descripción

El acelerómetro lineal mide la aceleración en línea recta en tres dimensiones diferentes. La aceleración lineal cambia cuando el dispositivo móvil acelera, desacelera o cambia de dirección.

Cuando el dispositivo móvil está en reposo con respecto a la superficie de la tierra, lee valores de aceleración de 0, 0, 0. La aceleración lineal difiere de la aceleración general.

Esto se debe a que los ingenieros suelen interpretar el desplazamiento de la masa inercial en la dirección z como la aceleración relativista de un objeto en la superficie de una tierra en rotación.

Esto es exacto cuando se considera a toda la Tierra como marco de referencia, pero no es exacto cuando se considera un marco de referencia local.

### Principio de Operación

La aceleración lineal se deriva del medidor de fuerza g, pero también utiliza el giroscopio y el magnetómetro para anular los efectos del campo gravitacional de la tierra en el sensor.

El acelerómetro contiene masas inerciales en voladizo o en forma de peine unidas a resortes, con una en cada dimensión. (Consulte la información sobre el medidor de fuerza g, el giroscopio y el magnetómetro).

#### A.4.1.9 Giroscopio (Sensor Inercial)

##### Modos que usan este sensor

- Acelerómetro Lineal
- Giroscopio
- Montaña Rusa
- Brújula
- Clinómetro

##### Descripción

El giroscopio mide la velocidad de rotación alrededor de tres ejes.

##### Principio de Operación

El giroscopio a menudo se compone de una o un par de masas inerciales en forma de peine que pueden moverse libremente a lo largo de un plano. Una pequeña corriente eléctrica hace que los marcos de las estructuras en forma de

peine resuenen en una sola dimensión. Cuando el dispositivo móvil gira, la estructura en forma de peine comienza a moverse fuera de la dirección única de vibración resonante.

Esto se debe al efecto Coriolis, a menudo atribuido a la fuerza de Coriolis (una fuerza falsa) que resulta de diferentes marcos de referencia. A medida que el dispositivo móvil gira, la masa en forma de peine se mueve en presencia de placas de condensadores entre las estructuras en forma de peine, variando el potencial eléctrico a través de las placas.

Los cambios en el potencial eléctrico debido a la diferencia en la dirección de la vibración en comparación con un sistema no giratorio se interpretan como una velocidad de rotación.

#### **A.4.1.10 Barómetro**

##### **Modos que usan este sensor**

- Barómetro
  
- Montaña Rusa

##### **Descripción**

El barómetro mide la presión ambiental del dispositivo móvil.

##### **Principio de Operación**

El barómetro contiene una pequeña cavidad llena de gas que está completamente cerrada. La parte superior de la cavidad está cubierta con una membrana que tiene una red de resistencias incrustadas en su interior.

A medida que la presión aumenta o disminuye, la membrana cambia de forma. Como resultado del cambio de forma, las resistencias de la membrana experimentan cambios en la estructura cristalina, que luego cambia su resistividad.

Los cambios en la resistencia a través de la membrana se interpretan como cambios en la presión atmosférica.

#### **A.4.1.11 Montaña Rusa (Sensor Combinado)**

##### **Modos que usan este sensor**

- Montaña Rusa

##### **Descripción**

La herramienta de montaña rusa está compuesta por una serie de sensores útiles para el análisis de montaña rusa, incluidos el medidor de fuerza g, el giroscopio y el barómetro.

##### **Principios de Operación**

(Vea la información sobre Fuerza G, Giroscopio, y Barómetro).

#### **A.4.1.12 Higrómetro (Sensor de Unidad Ambiental Integrado)**

##### **Modos que usan este sensor**

- Higrómetro (disponible en un número muy limitado de teléfonos inteligentes)

##### **Descripción**

El higrómetro mide la humedad relativa del aire. Esto se mide como un porcentaje de la capacidad de agua del aire, basado en la temperatura del aire.

##### **Principio de Operación**

El higrómetro incluye un pequeño chip con una membrana en el medio sostenida por uno o más voladizos que pueden medir la tensión. A medida que el agua se acumula en la membrana, se filtra. Una mayor tensión en el voladizo cambia su resistencia, lo que se interpreta como un cambio en la humedad relativa. Este valor se cuantifica con respecto a la temperatura ambiente. (Consulte la información del termómetro).

#### **A.4.1.13 Termómetro (Sensor de Unidad Ambiental Integrado)**

##### **Modos que usan este sensor**

- Termómetro (disponible en un número muy limitado de teléfonos inteligentes)

##### **Descripción**

El termómetro mide la temperatura ambiente.

##### **Principio de Operación**

El termómetro está compuesto por múltiples micro termopares incrustados en una membrana. Los termopares están hechos de dos pequeñas piezas de alambre de metal de diferente material, conectadas en uno o dos puntos diferentes llamados uniones.

Cuando una unión experimenta un cambio de calor, el potencial eléctrico medido entre los dos metales también cambia y se interpreta como temperatura.

#### **A.4.1.14 Proxímetro**

##### **Modos que usan este sensor**

- Proxímetro

##### **Descripción**

El proxímetro detecta la presencia de un objeto a unos pocos centímetros de distancia del sensor.

##### **Principio de Operación**

El proxímetro consta de dos partes: un diodo emisor de luz infrarroja y un fotodiodo de detección de infrarrojos. El diodo emisor de luz infrarroja envía constantemente luz invisible para el ojo humano. Cuando un objeto se acerca al sensor, estas ondas de luz se reflejan hacia el dispositivo móvil y son absorbidas por el fotodiodo de detección de infrarrojos. La presencia o ausencia de la luz infrarroja reflejada se interpreta como un objeto presente o no presente cerca del sensor.

#### **A.4.1.15 Regla**

##### **Modos que usan este sensor**

- Regla

##### **Descripción**

La herramienta de regla mide la distancia vertical entre dos puntos de contacto en la pantalla.

##### **Principios de Operación**

Los teléfonos inteligentes utilizan pantallas táctiles capacitivas para identificar los puntos de contacto de un dedo conductor, lápiz óptico u otro objeto. Las pantallas se fabrican con una rejilla electrostática formada por líneas muy finas de metal, que pueden almacenar electrones en exceso. Los electrodos aplican un voltaje bajo a la red.

Cualquier objeto conductor que se acerque mucho a la pantalla o la toque, distorsionará ligeramente el campo eléctrico. Se miden las caídas de voltaje y la ubicación de estas caídas se interpreta como un punto de contacto.

#### **A.4.1.16 Magnetómetro**

##### **Modos que usan este sensor**

- Magnetómetro
- Brújula

##### **Descripción**

El magnetómetro mide el campo magnético en tres dimensiones y también se puede utilizar para medir el campo magnético total.

##### **Principio de Operación**

La mayoría de los magnetómetros utilizan el efecto Hall o el efecto magnetorresistivo. Los magnetómetros que utilizan el efecto Hall están

compuestos por una placa conductora plana en cada dimensión por la que fluye una corriente eléctrica.

La presencia de un campo magnético externo hace que los electrones se desvíen de su trayectoria recta a una trayectoria curva, polarizando la placa perpendicular al flujo de electrones. Esta polarización se puede medir como una diferencia de potencial entre los lados de la placa.

Una mayor diferencia de potencial entre los lados de la placa se interpreta como un aumento en la intensidad del campo magnético en esa dimensión determinada. Los magnetómetros que utilizan el efecto magnetorresistivo están compuestos por imanes permanentes en un circuito. A medida que el imán se expone a campos magnéticos externos, la resistencia del imán en el circuito cambia.

#### **A.4.1.17 Brújula (Sensor Combinado)**

##### **Modos que usan este sensor**

- Brújula

##### **Descripción**

La brújula muestra la dirección de un campo magnético total apuntando en la dirección del sur magnético (sin un campo magnético externo fuerte que no sea el campo geomagnético de la Tierra, esto generalmente se interpreta como norte geográfico). La brújula también proporciona un nivel de burbuja, que utiliza información del medidor de fuerza g.

##### **Principio de Operación**

La brújula utiliza datos del magnetómetro y apunta hacia la fuente magnética austral más fuerte. (Consulte la información del Magnetómetro).

#### **A.4.1.18 GPS**

##### **Modos que usan este sensor**

- GPS

##### **Descripción**

El sensor GPS mide la posición (latitud, longitud, altitud y velocidad) e identifica el número de satélites GPS visibles.

## Principio de Operación

El teléfono inteligente detecta señales de radio de satélites que llevan una marca de tiempo precisa derivada de un reloj atómico. El teléfono inteligente recibe la transmisión detectando las ondas de radio entrantes utilizando antenas precisas que miden las perturbaciones en el campo electromagnético circundante al resonar en frecuencias que coinciden con las frecuencias de radio del GPS.

Al observar el tiempo que tardó en llegar la señal de radio, puede determinar su distancia al satélite utilizando la velocidad conocida de la luz (con algunas correcciones debidas a efectos relativistas).

Esto se hace con al menos cuatro satélites para que el teléfono determine su posición desde múltiples direcciones, lo que permite que el teléfono inteligente determine sus coordenadas x, y y z (altura) en la superficie de la tierra.

### A.4.1.19 Clinómetro (Sensor Inercial)

#### Modos que usan este sensor

- Clinómetro

#### Descripción

El clinómetro mide el ángulo del dispositivo móvil en los planos x, y, z.

#### Principio de Operación

El clinómetro utiliza datos del medidor de fuerza G mientras el dispositivo móvil se mantiene en reposo (consulte la información del medidor de fuerza G). Cuando el dispositivo móvil se mantiene paralelo al plano x, y, o z, como cuando se mantiene plano, toda la fuerza gravitacional se detecta en una sola dirección.

Cuando el teléfono se inclina fuera del plano en cualquier dirección, la fuerza gravitacional ahora aparece como componentes en cada uno de los planos. Estos componentes se calculan utilizando trigonometría estándar para determinar el ángulo en el que se sostiene el dispositivo móvil.

#### **A.4.1.20 Medidor de Luz**

##### **Modos que usan este sensor**

- Medidor de luz

##### **Descripción**

El fotómetro mide la intensidad de la luz ambiental en el rango visible.

##### **Principio de Operación**

El fotómetro es un fotorresistor, compuesto por un semiconductor que solo permite que la corriente fluya cuando las ondas de luz que lo golpean tienen una banda precisa de frecuencias. Se colocan un filtro IR y UV sobre el fotorresistor, lo que limita el tipo de ondas que pueden llegar al semiconductor para estar en el espectro visible. A medida que aumenta el número de ondas de luz que golpean el fotorresistor, aumenta la corriente, y esto se interpreta como un aumento en la intensidad de la luz.

#### **A.4.1.21 Detector de Colores**

##### **Modos que usan este sensor**

- Detector de Colores

##### **Descripción**

El detector de color le pide al usuario que seleccione una ubicación en la pantalla, luego interpreta el color en ambos valores hexadecimales y su nombre común.

##### **Principio de Operación**

Los sensores de color de los dispositivos móviles, que se utilizan para grabar y reproducir imágenes en la pantalla, utilizan una serie de filtros de colores sobre un plano lleno de fotodiodos visibles sensibles a la luz. Para detectar colores de luz individuales, se colocan filtros que representan los colores primarios de la luz (rojo, verde y azul) sobre cada fotodiodo, de modo que cada fotodiodo solo reciba luz roja, verde o azul. La información recibida por estos fotodiodos se puede organizar y combinar para determinar la combinación de colores total percibida por el ojo humano.

#### **A.4.1.22 Medidor de Sonido (Micrófono)**

##### **Modos que usan este sensor**

- Medidor de Sonido
- Detector de Tono
- Osciloscopio
- Analizador de espectro
- Espectrograma

##### **Descripción**

El medidor de sonido registra la intensidad del sonido.

##### **Principio de Operación**

El sensor del sonómetro está compuesto por un micrófono capacitivo. El micrófono está compuesto por una membrana conductora que se flexiona cuando recibe ondas sonoras. Una placa conductora sólida perforada se coloca detrás de la membrana conductora. Cuando la membrana flexible se mueve en respuesta a las ondas sonoras, cambia la diferencia de potencial entre la membrana y la placa posterior. Estos cambios se interpretan como detección de sonido, y las mayores diferencias se interpretan como mayor intensidad.

#### **A.4.1.23 Detector de Tono (Micrófono + Manipulación de Datos)**

##### **Modos que usan este sensor**

- Detector de Tono

##### **Descripción**

El detector de tono utiliza el sensor del medidor de sonido para determinar el tono más fuerte de un sonido y emite tanto la frecuencia numérica del tono como la letra que representa su nota musical más cercana.

## Principio de Operación

Se graba una muestra de sonido durante un breve período de tiempo utilizando el micrófono (consulte la información del sensor de micrófono) y se aplica un análisis de Transformada rápida de Fourier (FFT) a la onda de sonido observada, que contiene una amplia gama de frecuencias y amplitudes. La FFT rompe la onda de sonido observada en sus ondas sinusoidales componentes de varias amplitudes y frecuencias, y crea un histograma de los datos. La frecuencia más destacada de la muestra de sonido se muestra numéricamente.

### A.4.1.24 Osciloscopio (Micrófono + Manipulación de Datos)

#### Modos que usan este sensor

- Osciloscopio

#### Descripción

El osciloscopio muestra la onda de sonido que representa una muestra de sonido observada.

## Principio de Operación

Se graba una muestra de sonido durante un breve período de tiempo utilizando el micrófono (consulte la información del sensor de micrófono) y se aplica un análisis de Transformada rápida de Fourier (FFT) a la onda de sonido observada, que contiene una amplia gama de frecuencias y amplitudes. La FFT rompe la onda de sonido observada en sus ondas sinusoidales componentes de varias amplitudes y frecuencias, y crea un histograma de los datos. La frecuencia más destacada de la muestra de sonido se muestra numéricamente.

### A.4.1.25 Analizador de Espectro (Micrófono + Manipulación de Datos)

#### Modos que usan este sensor

- Analizador de Espectro

#### Descripción

El analizador de espectro de audio utiliza el sensor del sonómetro para determinar las amplitudes (medidas en unidades acústicas) de las múltiples frecuencias que componen un sonido. Genera un gráfico de amplitud frente a frecuencia y muestra numéricamente la frecuencia con la mayor amplitud.

## **Principio de Operación**

Se graba una muestra de sonido durante un breve período de tiempo utilizando el micrófono (consulte Información del sensor de micrófono). Utilizando los cambios de potencial registrados por el sonómetro, la onda sonora se reinterpreta en el tiempo y el espacio y se muestra visualmente mostrando las amplitudes de cada frecuencia registrada.

### **A.4.2 Configuraciones**

#### **A.4.2.1 Eje mostrado**

Para sensores que recopilan datos en tres dimensiones (acelerómetro, giroscopio y magnetómetro), esta configuración permite al usuario mostrar de forma independiente los datos x, y, z y/o el total resultante.

#### **A.4.2.2 Visualización de datos**

La mayoría de los sensores permiten una lectura gráfica o digital (números).

#### **A.4.2.3 Gráficos mostrados**

Para la configuración de la montaña rusa, se recopilan múltiples conjuntos de datos (medidor de fuerza G, acelerómetro lineal y barómetro). Las opciones de visualización (contra el tiempo) incluyen:

- medidor de fuerza g y barómetro
- medidor de fuerza g y giroscopio
- Medidor de fuerza G y acelerómetro lineal.
- acelerómetro lineal y barómetro

Independientemente de los gráficos mostrados, los datos de todas las mediciones se registran en un archivo CSV guardado.

#### A.4.2.4 Filtro de datos

Los filtros de datos permiten a los usuarios mostrar y registrar datos que han sido manipulados para identificar mejor las tendencias. Los datos registrados mediante un filtro contienen datos manipulados (no datos sin procesar). Los siguientes filtros están disponibles:

Calibración simple: consulte más información en el elemento "Calibración" de esta página.

- Medidor de fuerza G (calibración automática a 0, 0, 0)
- Acelerómetro lineal (calibración automática a 0, 0, 0)
- Giroscopio (calibración automática a 0, 0, 0 solo en Physics Toolbox Sensor Suite PRO)
- Barómetro (calibración manual solo en Physics Toolbox Sensor Suite PRO)
- Higrómetro (calibración manual solo en Physics Toolbox Sensor Suite PRO)
- Sensor de luz (calibración manual solo en Physics Toolbox Sensor Suite PRO)
- Magnetómetro (calibración manual solo en Physics Toolbox Sensor Suite PRO)
- Medidor de sonido (calibración manual solo en Physics Toolbox Sensor Suite PRO)
- Termómetro (calibración manual solo en Physics Toolbox Sensor Suite PRO)

Media móvil: suaviza los datos minimizando el error aleatorio.

- Medidor de fuerza G (solo en Physics Toolbox Sensor Suite PRO)
- Acelerómetro lineal (solo en Physics Toolbox Sensor Suite PRO)
- Giroscopio (solo en Physics Toolbox Sensor Suite PRO)
- Barómetro (solo en Physics Toolbox Sensor Suite PRO)
- Magnetómetro (solo en Physics Toolbox Sensor Suite PRO)
- Medidor de luz (solo en Physics Toolbox Sensor Suite PRO)
- Medidor de sonido (solo en Physics Toolbox Sensor Suite PRO)

Filtro de Kalman: mejora la precisión de una medición "a largo plazo" de un valor único al reducir el error ambiental o instrumental aleatorio.

- Medidor de fuerza G (solo en Physics Toolbox Sensor Suite PRO)

Filtro de paso bajo: permite la visualización de patrones de datos de baja frecuencia, al tiempo que elimina los datos de alta frecuencia debido a errores ambientales o instrumentales.

- Medidor de fuerza G (solo en Physics Toolbox Sensor Suite PRO)

#### **A.4.2.5 Fuente de marca de tiempo CSV**

Los datos registrados pueden mostrar el tiempo como Hora del reloj (usando la hora local actual redondeada a 0,001 segundos más cercano) o Tiempo transcurrido (comenzando en  $t = 0$  redondeada a 0,0001 segundos más cercano).

#### **A.4.2.6 Tasa de recolección de sensores**

La tasa de recolección del sensor depende del hardware de un dispositivo y no se puede calibrar manualmente a una frecuencia específica. Sin embargo, se pueden configurar velocidades relativas usando Más rápida (la velocidad más rápida para el dispositivo), Juego (adecuada para juegos), UI (a una velocidad adecuada para los cambios de orientación de la pantalla) o Normal (la velocidad más lenta para el dispositivo).

#### **A.4.2.7 Ancho de línea**

El ancho de los datos mostrados en el gráfico se puede modificar para que sea Delgado, Medio o Grueso.

#### **A.4.2.8 Mantenga la pantalla encendida**

Cuando recopile datos durante un período de tiempo más largo, seleccione esta opción para evitar que la pantalla se apague sin darse cuenta. (Para algunos dispositivos, la recopilación y grabación de datos se detiene cuando la pantalla se apaga).

#### A.4.2.9 Alerta

El Magnetómetro permite a los usuarios configurar una alerta. Los usuarios pueden seleccionar el valor umbral (en microTesla), momento en el cual la aplicación producirá un tono.

#### A.4.2.10 Calibrar

Calibración sobre usuarios para ajustar los datos de forma automática o manual restableciendo la medición inicial a un valor determinado. Los datos registrados mediante un filtro contienen datos manipulados (no datos sin procesar).

La calibración está disponible para los siguientes sensores:

- Medidor de fuerza G (calibración automática a 0, 0, 0)
- Acelerómetro lineal (calibración automática a 0, 0, 0)
- Giroscopio (calibración automática a 0, 0, 0 solo en Physics Toolbox Sensor Suite PRO)
- Barómetro (calibración manual solo en Physics Toolbox Sensor Suite PRO)
- Higrómetro (calibración manual solo en Physics Toolbox Sensor Suite PRO)
- Sensor de luz (calibración manual solo en Physics Toolbox Sensor Suite PRO)
- Magnetómetro (calibración manual solo en Physics Toolbox Sensor Suite PRO)
- Medidor de sonido (calibración manual solo en Physics Toolbox Sensor Suite PRO)
- Termómetro (calibración manual solo en Physics Toolbox Sensor Suite PRO)

## Anexo 5 - Relación del Trabajo con los Objetivos de Desarrollo Sostenible de la Agenda 2030

### A.5.1 Tabla descripción grado de relación del trabajo con los objetivos de desarrollo sostenible (ODS).

Objetivos de Desarrollo Sostenibles	Alto	Medio	Bajo	NP
<b>ODS 1. Fin de la pobreza.</b>			X	
<b>ODS 2. Hambre cero.</b>				X
<b>ODS 3. Salud y bienestar.</b>				X
<b>ODS 4. Educación de calidad.</b>	X			
<b>ODS 5. Igualdad de género.</b>				X
<b>ODS 6. Agua limpia y saneamiento.</b>				X
<b>ODS 7. Energía asequible y no contaminante.</b>				X
<b>ODS 8. Trabajo decente y crecimiento económico.</b>				X
<b>ODS 9. Industria, innovación e infraestructuras.</b>			X	
<b>ODS 10. Reducción de las desigualdades.</b>	X			
<b>ODS 11. Ciudades y comunidades sostenibles.</b>		X		
<b>ODS 12. Producción y consumo responsables.</b>		X		
<b>ODS 13. Acción por el clima.</b>			X	
<b>ODS 14. Vida submarina.</b>				X
<b>ODS 15. Vida de ecosistemas terrestres.</b>				X
<b>ODS 16. Paz, justicia e instituciones sólidas.</b>				X
<b>ODS 17. Alianzas para lograr objetivos.</b>				X



## **A.5.2 Descripción de la alineación del TFG con los ODS con un grado de relación más alto**

### **ODS 4. Educación de calidad**

El presente proyecto quiere aportar una herramienta asequible y motivadora a la hora de realizar prácticas de laboratorio gracias a la utilización de un elemento cotidiano, presente en el día a día de todo el alumnado. Aumentando su interés y su implicación en el trabajo experimental.

### **ODS 10. Reducción de las desigualdades**

El bajo coste y la rápida renovación de los teléfonos móviles hoy en día, permite con pocos recursos, hacer llegar estas herramientas docentes a puntos formativos con pocos recursos, garantizando una proyección social de la educación. Además, los requisitos técnicos para el uso de estas herramientas son mucho menores respecto a las necesidades que puede plantear equipamiento más complejo.

### **ODS 11. Ciudades y comunidades sostenibles. ODS 12. Producción y consumo responsables**

La tecnología avanza a una velocidad frenética que genera en ocasiones un afán consumista por tener lo último de lo último. La telefonía móvil tiene también este hándicap, pero el presente proyecto, aboga por dar un valor añadido a esos terminales, que además si son reemplazados por otros nuevos, siempre pueden encontrar una segunda vida empleándolos como parte del propio equipamiento del laboratorio. Estaríamos reutilizando lo ya fabricado y es más, no consumiendo otro tipo de aparatos más costosos, fomentando la sostenibilidad.