

UNIVERSIDAD DE PANAMÁ

VICERRECTORÍA DE INVESTIGACIÓN Y POSTGRADO

PROGRAMA DE MAESTRÍA EN CIENCIAS FÍSICAS

POTENCIALIDADES DE LA RASPBERRY PI 4

DESDE LA PERSPECTIVA DEL DOCENTE DE FÍSICA

JUAN MANUEL RODRÍGUEZ CISNEROS

TESIS PRESENTADA COMO REQUISITO PARA OPTAR POR EL GRADO DE
MAESTRO EN CIENCIAS FÍSICAS

PANAMÁ, REPÚBLICA DE PANAMÁ

2022

Título de la Tesis: **“Potencialidades de la Raspberry Pi 4 desde la perspectiva del docente de Física”**

TESIS

Sometida para optar al título de Maestría en CIENCIAS FÍSICAS

Vicerrectoría de Investigación y Postgrado

Facultad de Ciencias Naturales, Exactas y Tecnología

APROBADO POR:

Dra. Omayra Pérez
Presidente

Dr. Bernardo Fernández
Miembro

Dr. Orlando Concepción
Miembro

REFRENDADO POR:

**REPRESENTANTE DE LA VICERRECTORÍA
DE INVESTIGACIÓN Y POSTGRADO**

FECHA:

DEDICATORIA

A mi esposa Nelly.

AGRADECIMIENTO

Muchas gracias a mis padres, por darme el mejor regalo que se le puede dar a un individuo: educación.

Debo agradecer, de manera muy especial, a mi esposa, por acompañarme en este camino que llamamos “vida”, y por alentarme en todo momento para culminar esta etapa y seguir adelante, afrontando a mi lado los obstáculos y pruebas del día a día.

Deseo expresar también mi más sincero agradecimiento a la Dra. Omayra Pérez, por la confianza depositada para el desarrollo de este trabajo de grado; y al Dr. Bernardo Fernández, por brindar su tiempo y conocimiento, haciendo de cada discusión un espacio de aprendizaje. A ambos, mi más sincero agradecimiento. De igual manera, agradezco al Dr. Orlando Concepción por sus acertados comentarios y reflexiones durante la revisión del trabajo.

Además, les agradezco a todos aquellos que de forma directa o indirecta me brindaron su apoyo o una palabra de aliento para continuar... gracias.

INDICE GENERAL

Dedicatoria	
Agradecimiento	
Índice de tablas	
Índice de figuras	
Resumen	
Abstract	
1. Introducción	1
1.1 Objetivos generales	6
1.2 Objetivos específicos	6
1.3 Justificación	7
1.4 Alcance del trabajo	9
2. Marco teórico	11
2.1 Competencias y la actividad experimental	18
2.1.1 Competencias científicas	19
2.1.2 Educación basada en competencias científicas	20
2.1.3 Competencias en la educación superior	22
2.1.4 Competencias digitales	24
2.1.5 Los ambientes de aprendizaje y el desarrollo de competencias	26

2.1.6 La actividad experimental en Física.....	27
2.2 Sistemas libres - Código abierto y software libre	29
2.2.1 Software libre	29
2.2.2 Software de código abierto	30
2.2.3 Hardware libre	30
2.2.4 Raspberry Pi 4.....	30
2.2.4.1 Entradas y salidas digitales.....	32
2.2.4.2 Sistemas operativos compatibles con la RPi 4.....	33
2.2.4.3 Lenguaje de programación Python	36
3. Metodología.....	37
4. Resultados y discusión.....	48
5. Conclusiones y recomendaciones.....	144
6. Bibliografía	147
7. Anexos	154

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Comparativa entre SO que funcionan o se han portado en la placa Raspberry Pi	34
Tabla 2. Integración de la RPi con fines educativos (América).....	49
Tabla 3. Integración de la RPi con fines educativos (Europa, África y Asia).....	52
Tabla 4. Integración de la RPi con fines de aplicación e investigación (América).....	59
Tabla 5. Integración de la RPi con fines de aplicación e investigación (Europa y Asia).....	62

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Placa Raspberry-Pi, modelo 4B.....	31
Figura 2. Adaptación del diagrama del desarrollo de un programa y la evaluación CIPP propuesta por Sanz y Rodgers, a la secuencia didáctica.....	46
Figura 3. Captura del escritorio del SO Ubuntu para la RPi4.....	68
Figura 4. Captura del buscador de software para Ubuntu (izquierda) y las recomendaciones en la categoría “Ciencia” (derecha).....	68
Figura 5. Captura del escritorio del SO Raspbian para la RPi4.....	69
Figura 6. Captura de la ubicación del buscador de aplicaciones en Raspbian (izquierda) y las opciones de búsqueda (derecha).....	70
Figura 7. Captura de las pantallas principales de KiCad (izquierda) y uno de sus complementos, Eeschema (derecha)	72
Figura 8. Ejemplo de proyecto de PCB con KiCad. (Disponible en: https://ezcontents.org/designing-pcb-kicad)	72
Figura 9. Captura de pantalla de un ejemplo de la base de datos de SimulIDE para Raspbian (disponible en https://www.simulide.com/p/home.html).....	73
Figura 10. Captura de pantalla de Fritzing para Raspbian	74
Figura 11. Circuito regulador de voltaje (ejemplo de Fritzing) en sus tres formas de visualización.....	75
Figura 12. Entornos de trabajo de Origin 9 (izquierda) y Qtiplot (derecha).....	76

Figura 13. Ejemplos de distintas representaciones y acciones posibles en Qtiplot: gráfico de contorno (izquierda), representación de función paramétrica en 3D (centro) y regresión polinomial de una serie de datos (derecha). (Imágenes disponibles en https://www.qtiplot.com/index.html)	78
Figura 14. Captura del entorno gráfico de Gimp para Raspbian (izquierda) y un ejemplo de plantilla de poster creada con el mismo programa (derecha). (Imagen de poster disponible en https://orangenarwhals.com/tag/gimp/)	79
Figura 15. Ejemplo de una simulación recreada con Blender. (Disponible en https://www.blendernation.com/2016/12/05/picking-right-fluid-resolution-reference-video/)	80
Figura 16. Captura de pantalla de: Step (izquierda) y Audacity (derecha), para Raspbian	81
Figura 17. Interpretación de las hipótesis y condiciones favorables para la construcción del conocimiento propuestas por Soussan (2003)	84

RESUMEN

Tras la COVID-19, en el escenario nacional se puso en evidencia las fortalezas y debilidades de nuestro sistema de formación académica y una de esas flaquezas es, en gran medida, su estancamiento en el tiempo. Ante la crisis, apareció la necesidad de dar continuidad a los procesos de formación académica y la respuesta fue pasar de la enseñanza presencial a diferentes modalidades y entre ellas la virtual. Esta situación mostró una carencia profunda de planificación traducida en esquemas de trabajo no eficientes y eficaces. Estos esquemas debían orientar sobre lo que se debía hacer y cómo hacerlo, tanto en las actividades llamadas de teoría, así como en las de corte experimental. En este punto, debemos señalar algo importante. Ya se tenía, a nivel mundial un interés creciente por las TIC. Pero si ese interés hubiese sido la norma en el sistema escolar, hubiésemos mostrado más eficiencia y eficacia en la modalidad virtual. Esta reflexión nos motivó a evaluar una herramienta denominada Raspberry Pi 4 (RPi 4) como soporte (o apoyo) a las actividades del docente de Física en el contexto experimental, sobre todo en un escenario complejo. Este se caracteriza porque las condiciones socioeconómicas de la población son casi paupérrimas, hay poca inversión del sistema en instrumentación con fines experimentales, además existe la necesidad de promover el desarrollo de competencias científicas y tecnológicas en los estudiantes. Estos problemas inciden en la calidad de los egresados, los cuales se enfrentan a las exigencias de una “Sociedad de la información, después de la Pandemia” marcada, más que nunca, por la incertidumbre y el cambio.

El analizar las “prestaciones” que brinda la herramienta o recurso RPi 4, según las describe el fabricante, nos permitió evaluar el grado posible de integración, dentro del contexto de la enseñanza de la Física, que puede tener ese recurso, al ser usado como: 1- computador (con acceso a software especializado), 2- interfaz (a través de su conectividad con sensores de bajo costo). Con ese objetivo, la evaluación de las potencialidades

identificadas del recurso, se dividió en tres fases: 1) revisión del estado del arte sobre la integración de la RPi en países de América y otras regiones, en las áreas de enseñanza, investigación y aplicación; 2) evaluación de los sistemas operativos compatibles con la RPi 4 y, de software libre o de código abierto con posibles aplicaciones en cursos de licenciatura de la Escuela de Física; 3) elaboración de una secuencia didáctica de actividades centrada en el concepto “señales como fenómeno portador de información”, estructurada en un marco que promueve condiciones favorables para la construcción de conocimiento y desarrollo de competencias científicas y tecnológicas y evaluadas según el modelo CIPP dentro del contexto de la Enseñanza de la Física.

La evaluación del recurso RPi 4 pone en evidencia que hay resultados favorables al realizar su integración y adaptación a distintos contextos del quehacer científico y educativo, en otras latitudes. Sin embargo, solo se han hecho esfuerzos incipientes en nuestra región. De igual manera, se observa una pobre integración de softwares libres y de código abierto, así como de sensores de bajo costo, como alternativa al problema que acarrea el uso de software con licencia paga e instrumentación de alto valor comercial, que es la utilizada por tradición, teniendo en cuenta la reducida inversión en educación reflejada en los presupuestos nacionales en materia educativa. Otro factor son las condiciones socioeconómicas de nuestra población estudiantil frente al tipo de competencias que promueve su uso. Por otro lado, los resultados obtenidos de la evaluación de una de las actividades propuestas, muestra que una debida transposición del conocimiento derivado de las TIC, acompañado de una didáctica mediada por un docente que genere los espacios donde se acerque al estudiante a la actividad que desempeña un físico, y que provea una guía e intervenciones pertinentes a lo largo del proceso, pueden hacer frente a los cambios que enfrenta la educación regional en las últimas décadas.

ABSTRACT

After COVID-19, on the national scene the strengths and weaknesses of our academic system became evident and one of those weaknesses is, to a large extent, its stagnation over time. Faced with the crisis, the need to give continuity to the academic processes appeared and the response was to move from face-to-face teaching to different modalities, including virtual. This situation showed a profound lack of planning translated into inefficient and effective work schemes. These schemes should provide guidance on what to do and how to do it, both in the so-called theory activities, as well as in those of an experimental nature. At this point, we must point out something important. There was already a growing worldwide interest in ICTs. But if that interest had been the norm in the school system, we would have shown more efficiency and effectiveness in the virtual mode. This reflection motivated us to evaluate a tool called Raspberry Pi 4 (RPi 4) as support to the activities of the Physics teacher in the experimental context, especially in a complex scenario. This is characterized because the socioeconomic conditions of the population are almost very poor, there is little investment of the system in instrumentation for experimental purposes, and there is also the need to promote the development of scientific and technological skills in students. These problems affect the quality of graduates, who face the demands of an "Information Society, after the Pandemic" marked, more than ever, by uncertainty and change.

Analyzing the "benefits" provided by the RPi 4 tool, as described by the manufacturer, allowed us to evaluate the possible degree of integration, within the context of Physics teaching, that this resource may have, when used as : 1- computer (with access to specialized software), 2- interface (through its connectivity with low-cost sensors). With this objective, the evaluation of the identified potential of the resource was divided into three phases: 1) review of the state of the art on the integration of RPi in countries of

America and other regions, in the areas of teaching, research and application; 2) evaluation of the operating systems compatible with RPi 4 and of free or open source software with possible applications in undergraduate courses at the School of Physics; 3) development of a didactic sequence of activities focused on the concept "signals as information-bearing phenomenon", structured in a framework that promotes favorable conditions for the construction of knowledge and development of scientific and technological competences and evaluated according to the CIPP model within the context of the Teaching of Physics.

The evaluation of the RPi 4 resource shows that there are favorable results when integrating and adapting it to different contexts of scientific and educational work, in other latitudes. However, only incipient efforts have been made in our region. Similarly, a poor integration of free and open-source software, as well as low-cost sensors, is observed as an alternative to the problem caused using software with a paid license and instrumentation of high commercial value, which is the one used by tradition, considering the low investment in education reflected in national educational budgets. Another factor is the socioeconomic conditions of our student population compared to the type of skills that promote their use. On the other hand, the results obtained from the evaluation of one of the proposed activities show that a proper transposition of the knowledge derived from ICTs, accompanied by didactics mediated by a teacher that generates the spaces where the student approaches the activity that performed by a physicist, and who provides guidance and relevant interventions throughout the process, can cope with the changes faced by regional education in recent decades.

1. INTRODUCCIÓN

De la información que le brinda el entorno al Ser Humano, en los primeros años de vida, solo puede procesar la que es capaz de detectar con el(los) sentido(s) fisiológica y anatómicamente más desarrollado(s). Es conocido que una de las primeras acciones de los bebés con el entorno consiste en llevarse a la boca lo que logren alcanzar. Eso expresa el instinto de sobrevivencia que privilegia el sistema alimenticio a través del desarrollo del gusto con la exploración de un registro de sabores, texturas y un sin número de sensaciones que, con el tiempo, le servirán para discriminar entre lo que le resulta agradable o no para suplir las necesidades alimenticias. Al mismo tiempo que va generando un registro de la información obtenida con el sentido del gusto, pero con menor prioridad, también lo hace con los sentidos de olfato, tacto, audición y vista.

Este proceso es constructivo. No solamente consiste en percibir la información y generar un registro, sino que construye mecanismos para ordenar (que incluye entre otras cosas discriminar, categorizar, etc.) la información. Esto requiere resolver situaciones, incluso conflictivas, como la siguiente: ante la diversidad de voces que provienen de su entorno, ¿cómo diferenciar de quien proviene una palabra, por ejemplo, “biberón” (o su equivalente) de entre su madre, su padre, su hermano, etc.? Eso significa construir un sistema de discriminación no solamente del fonema a nivel de la frecuencia del sonido, sino también de la amplitud de los armónicos que significa el timbre de voz o incluso la entonación (volumen o modulación de amplitud) de las voces cuando se trata de una situación de apuro, de calma, de hora de dormir, etc. Analizando las características de las señales se obtendrá suficiente información para elaborar una respuesta a la interrogante ¿cómo logra un bebé construir esas estructuras que tienen cierto grado de complejidad?

Pensamos que, por ser un problema complejo, se puede iniciar la construcción de una posible respuesta siendo consciente que la interrogante está vinculada con el hecho de

que diferenciar implica necesariamente iniciar un proceso de comparación, como pródromos de la medición. En otras palabras, levantar un registro analítico de nuestras experiencias sensoriales (vía la construcción de sensores externos) basados en la contrastación permanente entre aquello a lo que el ser humano está expuesto (señales) y los resultados de la medición. En este sentido, nuestra capacidad de diferenciar va de la mano con la posibilidad de identificar variantes de una misma cualidad, como, por ejemplo: la voz de dos damas por su timbre; un objeto caliente de uno frío por la sensación que genera el calor que va de la fuente de mayor temperatura a la de menor temperatura; identificar dentro de un grupo de alimentos el que se está descomponiendo a través de su olor; el verdor de un vegetal fresco recién cosechado; entre otros. Algunos aprendizajes funcionan con el ensayo y el error, pero otros no.

Esto nos lleva a enfocar nuestro interés en las propiedades (magnitudes) que caracterizan las distintas señales que somos capaces de detectar con los sentidos, ya que su detección, procesamiento y caracterización forman parte del proceso de modelización para la comprensión del fenómeno y, por ende, es parte del campo de estudio de la Física.

Nuestros sentidos, al igual que algunos sensores especializados en la detección de cierto tipo de magnitudes físicas (que posteriormente se traducen en un tipo de información para el manejo eficiente), son capaces de determinar variaciones en estas, siendo este registro de variación lo que comúnmente se denomina *señal* portadora de información.

El Ser Humano tiene básicamente los cinco sentidos clasificados según si son básicamente de proximidad o vecindad cercana (gusto, olfato y tacto), mediana (sonido) o larga (vista). Tomemos como ejemplo, la forma de comunicación (tipo de señal) entre los miembros del entorno social y natural de mediana proximidad. El sonido, por la rapidez de propagación y otros atributos hacen óptima esta señal para esas distancias. En este sentido, el oído humano (que cubre un ángulo sólido de 4π estereoradianes) es capaz de diferenciar, por lo menos, entre cuatro propiedades de la señal para distinguir entre una voz y otra: el tono (frecuencia), intensidad (amplitud y su modulación), el timbre y la localización espacial de la fuente sonora. El entorno natural y social próximo se caracteriza por estar constituido por fuentes de sonido en un amplio rango, desde infrasonido hasta ultrasonido, por lo que el oído del Ser Humano tuvo que adaptarse a una

región muy amplia que no cubre el todo, pero si un amplio rango (15 Hz a 20 kHz). Diferenciar entre algunas de las cualidades arriba mencionadas no es tarea sencilla, lo que nos muestra la necesidad de buscar mecanismos, alejados de criterios subjetivos, para hacer la debida caracterización de señales de tipo sonora o de cualquier otra naturaleza.

Un ejemplo de ¿qué hace el Ser Humano (o cómo lo dotó la naturaleza) para diferenciar entre el amplio rango de frecuencias de las señales sonoras en las que vive sumergido? El sistema auditivo trabaja con órdenes de magnitud para el manejo de la frecuencia. Lo que se simplifica si la relación funcional es de tipo invariante de escala, es decir, que se pueden modelizar a través de funciones homogéneas. Una vez conocido el mecanismo de la audición del Ser Humano, o sea el sensor y su mecanismo de transducción, transmisión y análisis (cerebro) de la señal sonora, la tecnología nos permite construir complementos al oído para mejorar la audición o compensar defectos. Dichos mecanismos, nos dan la capacidad de obtener información donde hay deficiencias o están fuera de los rangos naturales del oído. Se usa información, como por ejemplo la simetría llamada invariancia de escala, para construir extensiones para “oír” en esos otros rangos con sensores fabricados por el hombre.

En la actualidad existen sensores de muchos tipos que tienen la función, en una primera aproximación, de permitir/facilitar al Ser Humano obtener información en forma de señales, que por las limitaciones específicas de sus sensores naturales no se obtienen naturalmente. Por lo que se tiene acceso a dispositivos sensores de bajo costo de diversas magnitudes físicas y de equipos informáticos capaces de procesar esta información, para luego transformarla en algún tipo de señal (visual o de otro tipo) que se pueda caracterizar con mayor facilidad.

Como la Física estudia fenómenos naturales con estructura matemática, el mundo de las señales acústicas, luminosas, eléctricas, etc., forma parte de su campo de estudio. Estudiar las señales, en un amplio rango, requiere que el individuo tenga o posea un conjunto de competencias que le permitan hacer una debida caracterización y modelización del comportamiento del fenómeno. Este desarrollo de competencias no es un proceso que se da en forma natural; es necesario que, durante su formación, los individuos participen en un proceso enfocado hacia la apropiación de un conjunto de conocimientos, capacidades

y habilidades que operen de manera conjunta y puedan extenderse a otros contextos. En el campo de las Ciencias, esto se puede lograr haciendo la debida adaptación didáctica de las actividades y contenidos de los cursos.

La apropiación adecuada de conceptos científicos, por parte del que aprende, le puede permitir desarrollar bases sólidas para el anclaje de nuevos conocimientos, requiriendo durante el proceso de construcción de nuevos conceptos que se den cambios a nivel conceptual. Un proceso de enseñanza adecuadamente estructurado, es decir didácticamente construido sin perder la naturaleza del concepto físico (es decir desde la Física), puede lograr que el individuo sea capaz de (competente para) dar un salto que va desde la construcción y verbalización de una descripción cualitativa simple de una señal, a la construcción de representaciones formales que le permitan una caracterización objetiva de la misma. Esto es, entender las relaciones que se establecen entre magnitudes o sistemas de magnitudes medibles, propias del fenómeno que se estudia.

En este trabajo se presenta una propuesta, didácticamente estructurada, para el estudio de señales eléctricas en varios contextos. Para ello se incorpora tecnología digital en el diseño. Más específicamente, la parte experimental se coloca en un contexto que permita evaluar las potencialidades de la herramienta Raspberry Pi 4 (RPi 4), escogida por su versatilidad y adaptabilidad en distintas áreas (conectividad con otras plataformas y equipos), además de tener un costo reducido. Las actividades de enseñanza propuestas se han estructurado para ir más allá del proceso de medición y de la parte puramente técnica (entre otras cosas incluir el uso de equipo informático para la transducción de señales). En este contexto, la forma de hacer Física hoy día y su naturaleza como ciencia experimental (que experimenta una evolución sin precedentes, por ejemplo, detección de ondas gravitacionales o de agujeros negros) deben estar en primer lugar. Lo que implica diseñar un proceso de enseñanza-aprendizaje donde se vinculen de manera adecuada el ser científico y su naturaleza colaborativa, los procedimientos (el hacer como proceso) con la conceptualización en Física (teorías y modelos). Para crear un contexto adecuado para lo anterior, se requiere poner sobre la mesa los nexos (sus características) entre:

- a. *Los estudiantes.* Estos tienen como característica fundamental que son *futuros físicos.*

- b. *Los saberes que deben aprender los futuros físicos.* ¿Qué saberes son relevantes para un futuro físico? En el momento actual, no se puede hablar de un conjunto de saberes enciclopédicos, pues, todo ha y está cambiando, gracias al binomio ciencia-tecnología. Los físicos siguen construyendo nuevos saberes, integrándolos a los ya existentes y a un ritmo más alto. Es más, no se sabe que vendrá, pues, las nuevas herramientas tecnológicas brindan la posibilidad de explorar múltiples terrenos desconocidos. Todo esto implica que el saber que necesita un físico dentro de su formación inicial no se puede resumir a una lista de contenidos. Por lo que hoy toma sentido de forma ineludible la muy conocida frase: *aprender a aprender*. Por lo tanto, las preguntas en este punto son muchas: ¿qué requiere un estudiante en su proceso de formación como físico para seguir estudiando la naturaleza desde la perspectiva de la Física? ¿Cómo integrar adecuadamente sus necesidades conceptuales (de saber) con los procedimientos y actitudes que debe adquirir para ser un físico competente? ¿Cómo las famosas competencias científicas, desde una perspectiva conceptual, procedimental y actitudinal, se traducen en un diseño manejable en el aula al momento de poner en ejecución un proceso de enseñanza-aprendizaje de los futuros físicos? Son preguntas nada fáciles de responder.
- c. *El medio en que vive inmerso el Ser Humano actualmente.* La vida está cambiando, vivimos con rascacielos, satélites, celulares, computadoras, tabletas, Wifi, aviones supersónicos, trenes de gran velocidad (TGV), etc. Pero, la distribución no es homogénea pues hay desigualdades sociales en cada país y entre países. Por lo tanto, la formación de un futuro físico no puede ser ajena a esta realidad.
- d. *Las herramientas tecnológicas están cambiando la vida de muchos.* ¿Qué herramientas o recursos tecnológicos se deben usar en el proceso de formación de un futuro físico? Existen muchos. ¿Qué criterios utilizar para hacer una adecuada elección?
- e. *El docente formador.* ¿Qué competencias requiere un docente formador de físicos y/o de docentes de física? ¿Cómo se traduce en competencias lo que nos dice hoy en día la didáctica de las Ciencias Experimentales como elementos fundamentales

del proceso educativo, al momento de diseñar, construir y ejecutar en el aula, actividades de enseñanza-aprendizaje?

Es claro, que hay muchas preguntas válidas y no pretendemos resolverlas todas. Es útil analizar la mayor cantidad posible y presentar una pequeña propuesta como punto de partida para entrar en el proceso de construcción. Pero, previo a la presentación de la propuesta, se hará una revisión de algunos conceptos vinculados con la actividad experimental en Física, como sustento al modelo didáctico que analizamos.

1.1 Objetivos generales

- ✓ Evaluar las potencialidades de un ordenador de bajo costo (RPi 4) que cuenta con un paquete de programas gratuitos, como herramienta de apoyo al docente de Física en el desarrollo de competencias científicas y tecnológicas, focalizando en la calidad y pertinencia del aprendizaje.
- ✓ Identificar, a partir de la evaluación realizada, los criterios iniciales que deben guiar el uso de esta herramienta en clases presenciales, semipresenciales y a distancia en el contexto de las clases de Física.

1.2 Objetivos específicos

- ✓ Armar un computador, programas y periféricos, de tarjeta de placa única y de bajo costo de la serie RPi.
- ✓ Seleccionar y evaluar, dentro de los programas de acceso libre disponibles en la internet, un conjunto que pueda utilizarse como recurso en el desarrollo de un curso de Física a nivel de pregrado, tomando en cuenta atributos como accesibilidad, fácil uso y capacidad de modelaje físico (en el caso de simulaciones) o de análisis de datos (en el caso del tratamiento de datos mediante modelos matemáticos) durante una experiencia.
- ✓ Desarrollar una serie de actividades experimentales específicas que incorpore el uso programas libres y/o código abierto y sensores de bajo costo con conectividad a la RPi 4, dentro de un curso de pregrado de Física.

- ✓ Evaluar la pertinencia didáctica y los resultados de las actividades experimentales desde la perspectiva del docente.
- ✓ Elaborar un Manual Básico de Usuario que describa la instalación del sistema operativo de la RPi 4 y los programas de acceso libre recomendados.

1.3 Justificación

Tomar conciencia de qué significa la formación a nivel de maestría en Ciencias Físicas, en un país como el nuestro, pasa por entender las características del mercado de trabajo para un egresado de dicho programa. Es básicamente un docente de Física a nivel superior. Eso significa *aprender a aprender* por lo menos en dos dimensiones: la dimensión de la disciplina (Física) y la dimensión didáctica (de la Física). El área que captó mi interés fue la física experimental. Para cumplir con el primer aspecto de lo que vislumbré como mi formación, pedí asociarme como colaborador de un Laboratorio de Física de Materiales, con el propósito de aprender sobre investigación en esa rama de la Física. El proyecto en el que colaboré se enfocaba en caracterizar fibras individuales de un óxido semiconductor dopado con hierro, de dimensiones micrométricas, con un potencial de uso como sensor de vapor de agua. La preparación y caracterización de fibras micro y nanométricas era en ese momento un área en constante producción científica, debido a las ventajas que mostraba, con respecto a otros métodos de deposición de materiales. En nuestro caso, un obstáculo que se presentó en el proceso de caracterización, común a la mayoría de las instituciones que trabajan en experimentación en ciencias básicas, fue la falta de equipo especializado, lo que dilató la obtención de algunos resultados, más de lo esperado. Es conocido que la construcción de conocimientos a través de la actividad experimental, criterio de la verdad en Física, pasa por la comprensión del fenómeno, de los modelos físicos, del funcionamiento y manejo de los instrumentos y de la comprensión de la Física como ciencia experimental, entre otras cosas. Ese trabajo, en su primera fase, culminó con la redacción de un artículo que fue presentado bajo la modalidad de Poster en un Congreso de 2015 y publicado en la prestigiosa Revista indexada MRS (de la Sociedad de Investigación de Materiales: materiales avanzados, mejorando la calidad de vida).

Quizás por mi formación previa de licenciado en Docencia en Física, tomé conciencia durante esta experiencia a otra dimensión de la parte didáctica necesaria en la construcción de conocimientos a través de la actividad experimental investigativa, lo que significó no solo comprender el fenómeno, sus modelos físicos, el funcionamiento y manejo de los instrumentos, y la comprensión de la Física como ciencia experimental, sino su dimensión epistemológica. Por ejemplo, usar bien un instrumento de medición implica conocer cómo funciona desde los modelos físicos que los sustentan, cómo medir una variable con un sensor sensible a la señal excitadora, cómo se maneja la señal respuesta que se desea estudiar, controlar variables, cómo transformar las señales físicas emitidas por esas variables, a través de un sensor, en señal eléctrica para poder manejarla (tratamiento de la señal), etc. Lastimosamente estas ocasiones de aprendizaje no se dan en el aula, en las sesiones experimentales de pregrado, y se pierde la posibilidad de hacer conexiones cognitivas fundamentales por dos posibles razones:

1. No se puede poner a los estudiantes a ensayar con equipo costoso (cuando se tiene);
2. Los equipos de medición de media y alta tecnología a los que se tiene acceso se caracterizan por haber sido diseñados para funcionar solo tocando botones, y cuando se dañan o dejan de funcionar todo se paraliza por meses, a veces años, pues, debido al diseño utilizado, no hay dinero para repararlo.

Esto último se debe a que la mayoría de las veces, por razones comerciales, los instrumentos de medición son tales que no se conoce, por ejemplo, el tipo de señal que mide, las características de esa señal, cómo se hace la transducción de una señal a otra, etc., pues se construyen instrumentos que, para el usuario, son cajas negras, donde se desconoce que entra (que se mide), que sale, y como se transformó de una señal a otra. En consecuencia, todo gira alrededor de una formación mecanicista, donde la norma es el *sin sentido*, desde el punto de vista científico. En este punto, es necesario hacer hincapié que muchas veces, un “equipo de medición no funciona” no porque esté dañado. Lo que pasa es que el usuario, docente o estudiante, no comprende cómo funciona.

Todo lo anterior debe estar adecuadamente integrado a la estructura conceptual, procedimental y actitudinal de la enseñanza de la Física. Lo que implica que la sociedad actual requiere que los docentes de Física de cualquier nivel manejen el saber de la

disciplina y la didáctica específica de esta disciplina, dentro de un contexto creíble, que integre estos dos elementos adecuadamente.

1.4 Alcance del trabajo

Lo expuesto hasta el momento tiene, además, como propósito complementario, señalar una de las realidades que se vive actualmente en nuestra Facultad. Muchos docentes universitarios de Física que dirigen trabajos de fin de carrera se quejan de que los estudiantes carecen de las habilidades necesarias para hacer frente a los requerimientos de este tipo de tareas. Hay múltiples posibles causas de esto, pero señalaremos que la formación de los futuros licenciados en Física y en docencia en Física es libresca, más específicamente está centrada en la resolución de ejercicios de lápiz y papel. Esto implica que no se plantea a los estudiantes problemas experimentales reales y de cierto nivel, cuya respuesta no se encuentre en los libros. Tal como la situación referenciada en párrafos anteriores se expresaría en lenguaje popular, “lo que no está en las páginas amarillas, no existe”. Muchas veces los pretextos aludidos son: 1- que se carece de instrumentos de medición de alta tecnología, 2- no los hay de bajo costo, accesibles a los estudiantes y docentes, que sean confiables, trazables, etc. Las consecuencias terminan en una inadecuada conexión universidad - sociedad.

Parece que en Panamá no se comprende que uno de los mejores y quizás el único recurso accesible a corto plazo, para resolver nuestros problemas actuales como sociedad, es el recurso humano. Y que, por lo tanto, hay que crear las condiciones necesarias para que ese recurso humano adquiera las herramientas técnico-académicas: teóricas y experimentales necesarias para que aprendan a resolver problemas reales, en las condiciones que se requieran. La Física no es un ente aislado de la sociedad, es parte de esta, luego de la actividad misma del Ser Humano. No se puede seguir considerando como cierta la frase: “no se hace porque no se tienen los medios ni las herramientas pertinentes para la tarea o problema a resolver”. Hemos olvidado que cuando no se tiene los medios, el Homo Sapiens es capaz de construirlos. Su cerebro acoplado a sus manos es la mejor herramienta. Por lo tanto, la enseñanza en las aulas universitarias debe tomar conciencia de que los futuros profesionales de cualquier área del saber deben *aprender a aprender*.

Esto implica aprender a adaptarse a las distintas situaciones que se enfrentan, con las herramientas que se tienen o bien se construyen las que falten.

2. MARCO TEÓRICO

En Física, y en general en la Facultad de Ciencias Naturales, Exactas y Tecnología, se trabaja con sistemas operativos “de pago” (licencias cerradas). En dichos sistemas, el desarrollo de la creatividad de las personas no se promueve, pues funcionan como moldes fijos. Por lo tanto, nuestro recurso humano limita sus posibilidades de trabajo y creación porque no hay dinero para pagar licencias que son onerosas, pues tienen a su base un sistema operativo caracterizado por el hecho de que cualquier complemento que se quiera realizar al montaje experimental implica volver a pagar. La mayoría de las herramientas que se adquieren se venden por partes. En países pobres como el nuestro no se puede limitar a las mujeres y hombres del futuro a esta estructura de funcionamiento. No se quiere aceptar que los científicos necesitan trabajar con sistemas libres pues su formación y actividad así lo requiere. La formación con sistemas libres los prepara para que cuando se enfrenten a instrumentos de alta calidad tengan las herramientas necesarias para hacer más fructífera su interacción con dichos instrumentos, y poder así dar respuesta a los problemas que se han planteado.

Contextualizando lo anterior se puede decir que una de las limitaciones que vive un físico en nuestra universidad, es la que se tiene al momento de resolver un problema experimental, por ejemplo, para el tratamiento de datos es necesario tener un sistema que permita/facilite leer y tratar la señal que representa la variable que se está estudiando (controlando), con una computadora. Pero, las computadoras para el uso de los estudiantes son escasas. Se trabaja muchas veces con la sola computadora que funciona, conectada a un multimedia para que todos puedan ver lo que hace el docente. Se compran o se reciben donaciones de computadoras, pero la caducidad de estos sistemas es uno de los grandes problemas. Las finanzas de la universidad no tienen ni tendrán la capacidad económica necesaria para mantenerlas libres de virus, actualizar los sistemas operativos para que siga

operando, o las licencias de los programas que utilizan, por lo que el tiempo de vida útil es corto y dejan de funcionar o se vuelven obsoletos. Y no hay dinero para comprar otra nueva computadora. Unido a esta realidad, hay otras, entre las que mencionamos, que muchos aparatos de medición de los que se utilizan en el laboratorio funcionan con versiones de sistemas operativos particulares por lo que cada vez que Windows se actualiza, dejan de funcionar. Además, existe una gran falta de: programas (softwares), suministros y equipos que nos apoyen en la formación de físicos y docentes de física para que *aprendan a aprender*.

Toda intención de adquirir equipamiento de alta tecnología y entrenar usuarios con miras de que lo utilicen para generar un gran impacto, será perecedero en corto tiempo, si la toma de decisiones no sigue un plan estratégico de desarrollo integral que contemple aspectos propios de la didáctica y de sólidas bases conceptuales en Física. Tal toma de decisiones devolvería el sistema de formación formal, en algunos años, a la misma posición en la que nos encontramos hoy día, de no poder hacer frente a los requerimientos de una sociedad por no haber *aprendido a aprender*, al dejar de lado los valores implicados en la creación del conocimiento y los métodos propios del acto de investigar. Por ello la formación de nuestros jóvenes en Física requiere ir más allá de la técnica, implica conocer las bases de la disciplina (incluidas las epistemológicas) y buscar modelos de enseñanza acorde a la búsqueda de su evolución, además de su adaptación a los requerimientos de una sociedad que cambia rápidamente.

A raíz del aumento en los casos de contagio por COVID-19 fue necesario hacer modificaciones al formato con el que inicialmente desarrollaron la programación para la atención de los estudiantes, con el fin de adaptarla a una modalidad virtual, que llegó para quedarse, pues el retorno será ciertamente semipresencial. Bajo este escenario, el paso inicialmente temporal de una modalidad de trabajo (presencial) a otra (virtual) en las instituciones de formación superior requirió de una serie de ajustes para realizar actividades basadas en el uso de la Web, como LONCAPA, Mastering Physics, Expert TA, WebAssign, entre otros (Klein, y otros, 2020). Por suerte, estas modalidades de enseñanza a nivel mundial ya se habían venido desarrollando desde hace décadas, a raíz de la tendencia creciente del sistema académico hacia una formación que cuenta con un

componente que adopta los recursos informáticos como parte necesaria en la formación. Sin embargo, el panorama general de enseñanza en Latinoamérica no coincide con las tendencias globales de adaptación de nuevas prácticas que han demostrado tener resultados positivos y el desarrollo de competencias diversas, ya que hasta se restringe el uso de estrategias que mostraron efectividad en algún momento de la historia. En el caso de Panamá, la transición de la modalidad presencial, que es el modelo tradicional de trabajo, al sistema de entornos virtuales, fue un proceso traumático para la mayor parte de la población, debido a barreras inherentes a los actores que conforman la comunidad educativa (docentes, alumnos y tutores). Se detectó una falta generalizada de preparación digital y una debilidad en la comprensión de lo que es la investigación científica y su práctica (Archer & De Gracia, 2020).

El uso de las tecnologías de la información y comunicación (TIC), sin lugar a duda, ofrece muchas ventajas y beneficios para la educación a distancia, semipresencial y presencial, en general, que es la modalidad que se tuvo que adoptar por razón de la pandemia actual. Su uso permite la elección de un estilo particular de enseñanza-aprendizaje, acceso a servicios y materiales didácticos personalizados y comunicación interactiva entre los participantes del proceso educativo. El amplio uso que se le ha dado y el desarrollo continuo de recursos, permite tener acceso a una variedad de repositorios, en los que se puede encontrar material adecuado a diversos niveles de enseñanza de la Física con posibilidades casi ilimitadas. A pesar de todas las ventajas que puedan ofrecer las TIC, es importante señalar que por sí solas no son la solución al problema, sino que se requiere de un trabajo cuidadoso de selección, evaluación y ajustes de los recursos disponibles para el logro de los objetivos propuestos.

Así como los recursos en línea han sido adaptados a la Física, por la facilidad de interactividad con el estudiante y la promoción del desarrollo de competencias informáticas y científicas (estos sistemas apoyan la recreación de ambientes científicos donde se puede promover la comprensión de la naturaleza de una ciencia como la Física), en igual o mayor medida hay un número creciente de softwares libres y gratuitos. Estos pueden tratar con diversas ramas del saber de formas muy diversas, ofreciendo un entorno de trabajo al alumno con diversas posibilidades de interacción. Independientemente de la naturaleza

que fundamenta su desarrollo, todos comparten algunas características esenciales: son elaborados con una finalidad didáctica, utilizan un ordenador como base para el desarrollo de las actividades que se proponen a los usuarios, son interactivos y fáciles de usar. Atendiendo a su estructura pueden ser clasificados en programas tutoriales, de práctica y ejercitación, simulación o de hipertexto (Candelario-Dorta, 2018). Su adopción ha avanzado en sectores estratégicos como: administración pública, industria, comercio y educación, por solo mencionar algunos. En el caso de países de habla hispana como España, por mencionar un caso, hay una tendencia al aumento en el uso de este tipo de programas en el ámbito de la educación a distintos niveles, (Adell, 2007), (Alonso Berrocal, Figuerola, Zazo, & Gómez Díaz, 2008). Sin embargo, existe todavía un gran número de usuarios del entorno educativo, para los cuales el tema de los programas libres no es conocido, no está suficientemente claro o incluso no despierta interés. La mayoría de los usuarios de programas (software) como recurso de apoyo se restringe a los denominados programas privativos o programas pagos, aunque las otras categorías ofrecen ventajas varias, incluso económicas (Asis, da Costa Silva, & Escofet, 2013). Es importante señalar que hay sistemas fraudulentos, pues la única diferencia con los sistemas tradicionales obsoletos es la utilización de videos y/o compañeros de edad temprana, haciendo las veces de docentes frente a un tablero modernizado (ayudinga, etc.).

Un software libre se puede considerar como un material de estudio, como puede ser un libro, un equipo de laboratorio, entre otros. Como cualquier herramienta para el aprendizaje se debe integrar de forma adecuada al plan curricular, lo que requiere tener en cuenta su contenido conceptual, su estructura y las actividades que con ella va a realizar el usuario. Este último aspecto resulta de suma importancia, ya que el mejor software puede resultar poco provechoso si con él no se planifican y desarrollan actividades que se adecuen al contexto particular de aprendizaje (Rodríguez, Mena, & Rubio, 2009). Estos paquetes de programas gratuitos ofrecen desde sistemas operativos para el control personalizado del funcionamiento y los recursos del computador, hasta aplicaciones adaptables a programas de gestión de periféricos que pueden modificarse y atender así los requerimientos específicos de diversas piezas. El catálogo de aplicaciones disponible en la internet para uso libre y gratuito exhibe una amplia gama de opciones con potenciales usos dentro de la

Física, lo que permite al docente el uso de estas herramientas como apoyo en sus clases, ya sea desde procesadores de texto, imágenes y videos, hasta simulaciones que permitan al usuario la interacción con un fenómeno físico y las variables que lo caracterizan. La clave de su uso reside en establecer una fuerte relación entre teoría y práctica y en proponer una metodología que potencie el análisis crítico de los fenómenos sujetos a estudio, y la toma de decisiones por los alumnos a través de una actividad colaborativa. Al mismo tiempo, el uso de estas tecnologías promueve un análisis mayormente cualitativo de los fenómenos y genera motivación en el estudiante al utilizar recursos que forman parte natural de sus intereses.

Debido a la naturaleza de estos recursos (software) es imprescindible el uso de un computador. Por tradición, en países como el nuestro, que no cuenta con una industria de producción de equipos informáticos o cultura de desarrollo en electrónica, la demanda de estos equipos ha estado dominada por la oferta del mercado. La cultura de consumo nos ha llevado a pensar en equipos costosos de alto rendimiento y programas especializados pagados para realizar tareas diversas, al vincular su uso con el éxito. A pesar de que se ofrecen comercialmente productos que pueden facilitar la labor del docente y del estudiante, su adquisición no es alcanzable por su costo para gran parte de la población (Alvarez, y otros, 2020). Esto nos lleva al punto de querer romper el paradigma de que se requiere una alta inversión para acceder a un equipo funcional como apoyo en la enseñanza de Física. En esta línea, alternativas como la RPi, conocida como una serie de ordenadores de placa reducida, ordenadores de placa única u ordenadores de placa simple de bajo costo, juega un papel importante. Si bien su concepción inicial estaba enfocada en la promoción de la enseñanza de informática en las escuelas, sus últimas versiones han demostrado un potencial mayor de lo esperado, llegando a ser utilizadas desde computadoras hasta sistemas de adquisición de datos en tiempo real mediante su integración con sensores de bajo costo.

Su costo y su arquitectura permiten, en conjunto con su sistema operativo, ser una alternativa a tomar en consideración para fines educativos, debido a su compatibilidad con gran variedad de programas de acceso libre y gratuito, y su conectividad con periféricos de distinta naturaleza. Una búsqueda en la literatura muestra que las bondades de la RPi han

sido utilizadas para el desarrollo de prototipos de sistemas de captura de datos atmosféricos mediante el uso de sensores de CO, CO₂, NO_x, temperatura, humedad y presión atmosférica para la determinación de la calidad del aire, como una alternativa de acceso público por la posibilidad de desarrollo y reemplazo de dispositivos de marcas específicas (Ochoa, Cangrejo, & Delgado, 2018); también han sido utilizados como sistemas embebidos para generar registros de parámetros de humedad y temperatura, utilizando su capacidad de conectividad a una nube de datos, buscando fomentar e incentivar el uso de software libre y aplicaciones del internet de las cosas (Lima & Ospina, 2018); por otra parte, también ha sido utilizado en cursos de educación media como un mecanismo para introducir al estudiante en el diseño de equipos utilizados en laboratorios especializados, como lo es un espectrómetro de absorbancia, no como simple usuario sino a través de la posibilidad de pensar sobre los principios operativos del instrumento y así poder desarrollar habilidades de interpretación (Bougot-Robin, Paget, Atkins, & Edel, 2016). Esta capacidad de interconectividad con otros dispositivos abre un compás de nuevas aplicaciones para la RPi dentro del área de la Física experimental.

Lo que se presenta a continuación es un ejemplo de lo que se puede hacer en las sesiones experimentales en física, con el desarrollo que actualmente tienen los softwares libres y sistemas baratos como RPi que se adaptan a sensores de bajo costo y que reemplazan las computadoras. Hoy en día se puede leer en la Internet (luego de una búsqueda adecuada), que ya existe la tomografía de impedancia eléctrica (EIT) con aplicaciones en la industria y la medicina que usa sistemas RPi adaptada a un sensor de impedancia (Zamora-Arellano, y otros, 2020). En medicina, para hacer ciertos diagnósticos que pueden tomar un largo tiempo, especialmente en órganos delicados del cuerpo como los pulmones y el cerebro, se ha trabajado en el desarrollo de sistemas portátiles, confiables, robustos y de bajo costo, que con la data recogida logran hacer una reconstrucción de imágenes mediante un sistema integrado basado en Raspberry Pi. La novedad es el desarrollo de un hardware de bajo costo con tres algoritmos simples y eficientes usando el método de voltaje adyacente, comenzando con la medición de impedancia que se envía al RPi 4. En la reconstrucción de la imagen, se utiliza GNU Octave (Software libre) para RPi 4 y la biblioteca EIDORS (software de código abierto

escrita principalmente en MATLAB/GNU). Se determinó el mejor valor promedio de las muestras medidas utilizando un convertidor analógico-digital (ADC) con capacidad de 30 kSPS y resolución de 24 bits. La RPi 3 utilizada en la propuesta ofrece una excelente relación costo-beneficio con respecto a un PC tradicional, teniendo en cuenta precisión, exactitud, consumo de energía, precio, peso ligero, tamaño, portabilidad y confiabilidad, reproductibilidad y trazabilidad. Estos resultados junto con lo constatado en una situación de investigación de materiales, sobre la necesidad de tener un buen medidor de impedancias de bajo costo, en caso de carecer de fondos para continuar, trae a la mente la necesidad de formar, desde la escuela media y en los primeros años de la formación universitaria, los principios básicos de como armar un sistema como el RPi acoplado a un sensor y la correspondiente adaptación de software libres a tareas específicas.

El uso de la RPi como computador de bajo costo, sumado a la capacidad de acceso que se tiene a programas gratuitos y su potencial conectividad con dispositivos de captura de datos, hacen de este dispositivo una alternativa a tomar en consideración como una potente herramienta de trabajo para el docente de Física. El panorama que se vislumbra en enseñanza de la Física, bajo la crisis sanitaria en la que nos encontramos en la actualidad, muestra una ventana de oportunidades al presentarse las condiciones necesarias para adoptar el uso de recursos alternativos que permitan reducir aquellas barreras que nos han mantenido retrasados en tema de educación y nos han estancado al no mostrar el manejo requerido de aquellos recursos a los que fácilmente podemos tener acceso. Es necesario evaluar la viabilidad del uso de herramientas alternativas que permitan al docente de Física desarrollar sus actividades, tal como lo haría presencialmente, sin la necesidad de incurrir en gastos asociados a la adquisición de computadores con altas prestaciones, programas especializados (dependiendo de necesidades puntuales) y equipo de laboratorio de costo elevado. En este sentido, la propuesta que se pretende evaluar está enmarcada en los aspectos antes mencionados, tomando en cuenta las tendencias del sistema de formación hacia el uso de programas de acceso libre y de código abierto, las posibilidades de desarrollar competencias educativas a través del uso de sensores de bajo costo en el desarrollo de actividades experimentales, y la conjugación de estos elementos a través del uso del ordenador de bajo costo, RPi.

2.1 Competencias y la actividad experimental

La historia del Ser Humano nos ha mostrado que nuestras concepciones sobre cómo aprendemos y lo que necesitamos para poder desenvolvernos de forma adecuada en Sociedad, no se pueden enmarcar en un esquema fijo. Esta idea dificulta definir el término competencia, ampliamente mencionado en distintos círculos de la acción humana, ya que involucra nociones sobre los modos de producción y transmisión del conocimiento, la vinculación que se maneja entre educación y sociedad, de la misión y los valores del sistema educativo, sumado a las prácticas de enseñanza y evaluación que forman parte del proceso (Tuning, 2007, pág. 35).

Una revisión de la literatura muestra que no existe un consenso en cuanto a la definición de competencia. En el RAE se define competencia como “*Pericia, aptitud, idoneidad para hacer algo o intervenir en un asunto determinado*” (Real Academia Española, 2021). De igual manera, Roegiers, citado por Luengo (Luengo, Luzón, & Torres, 2008) considera que “...*la competencia es la posibilidad que tiene un individuo de movilizar, de manera interiorizada, un conjunto integrado de recursos con el fin de resolver una familia de situaciones-problemas*”. Por otro lado, Cullen, citado en el reporte del proyecto Tuning (2007, pág. 35) considera que son “*complejas capacidades integradas, en diversos grados, que la educación debe formar en los individuos para que puedan desempeñarse como sujetos responsables en diferentes situaciones y contextos de la vida social y personal, sabiendo ver, hacer, actuar y disfrutar convenientemente, evaluando alternativas, eligiendo las estrategias adecuadas y haciéndose cargo de las decisiones tomadas*”. Las diferencias entre una definición y otra pueden tener como origen los distintos enfoques que se le ha dado a su estudio, lo que ha llevado al desarrollo de varias tipologías dependiendo del contexto. De esta forma se hace posible distinguir en la literatura entre competencias: laborales, metodológicas, sociales, centrales, de gestión, participativas, culturales, técnicas, afectivas, discursivas, argumentativas, entre otras (Clavijo, 2018, pág. 4).

Fuera del carácter polisémico del concepto competencia, es evidente que los autores coinciden en definirlos como un conjunto de características propias de una persona (habilidades, conocimientos, actitudes y aptitudes) que lo habilitan para desempeñar un

conjunto de actividades propias de una labor específica, de forma eficiente. De esta manera, al referirse a una persona competente lo hacen en función de su capacidad de enfrentar situaciones complejas dándoles solución, a través de sus conocimientos y su destreza, de manera eficiente y eficaz; lo que significa que, una persona competente *sabe*, pues maneja un conjunto de conocimiento, *sabe hacer*, es decir que es eficaz en el uso del conocimiento, y *sabe ser*, por cuanto actúa en la medida que sea preciso y necesario. Podríamos decir que las competencias son una especie de convergencia entre conocimiento y habilidades que aseguran un desenvolvimiento esperado frente a una situación en particular. Debido a que el carácter concedido al concepto de competencia extiende su alcance a distintos aspectos de la actividad humana, procuraremos enmarcar una definición al contexto educativo. En este sentido, adoptaremos la definición que comparte Pérez, citado por Tenaglia et al (Tenaglia, y otros, 2011) quienes entiende las competencias como “...un saber reflexivo, que puede adaptarse (transferirse) a diversos contextos y dificultades, integrando conocimientos, habilidades, valores, actitudes y emociones personales y demandas externas vinculadas a los momentos y contextos de actuación”.

2.1.1 Competencias científicas

En el contexto de las Ciencias Naturales, este abanico de saberes, habilidades y valores asociado a las competencias toma importancia en cuanto al vínculo existente con las formas en que se genera y se transfiere el conocimiento científico. En este sentido, al hablar de competencias científicas se hace referencia a la capacidad de establecer cierto grado de relación con las ciencias.

El desarrollo de las competencias científicas puede visualizarse desde dos puntos de vista: uno vinculado a las competencias que se requieren para hacer Ciencia y otro referido a las competencias científicas que desea promover en toda la población, independiente del área en que se desempeña (Hernández, 2021). Si bien existen diferencias entre las competencias deseables en cada grupo, ambos comparten elementos en común, pero el segundo está más alineado con lo que se espera en los niveles básicos de formación (primaria y secundaria) por su enfoque en una formación cultural y genérica para la vida. Desde el otro punto de vista, las competencias científicas de quienes generan

conocimiento y enseñan disciplinas científicas, estarían más enfocadas al desempeño productivo en su campo, al referirnos a aquellas competencias necesarias para hacer ciencia dentro de su práctica específica. Esto nos permite describir un panorama que, tal como lo define Adúriz (Adúriz-Bravo, 2017), permita entender las competencias científicas como: “...capacidades altamente formales y genéricas de los sujetos que los habilitan para el mundo del trabajo, para el desempeño profesional o, en el mejor de los casos, para la actuación plena en sociedad”, donde se puedan identificar tres dimensiones: saber, saber hacer y saber ser.

Podríamos decir que, en forma general, los científicos deben manejar cierto grado de conocimiento sobre teorías, conceptos y métodos de trabajo propios del tipo de situaciones a las que están expuestos, en otras palabras, deben mantenerse suficientemente informados de los problemas que estudian. En la actualidad, estas competencias no son útiles solamente para llevar a cabo investigaciones, sino que se han convertido en una necesidad fundamental para la participación de las comunidades científicas en la toma de decisiones de una sociedad donde la tecnología y la Ciencia juegan un papel cada vez más importante. Esta perspectiva es una evidencia de que los cambios en la enseñanza de las ciencias naturales, responden a las necesidades actuales de la sociedad, donde las personas deben poseer ciertas competencias científicas y además, poder desarrollar habilidades lógicas de pensamiento; por ende, estar informados y capacitados, lo cual permite integrar nuevos contenidos propios de diferentes campos del saber, extrapolar estas competencias a otros dominios y lograr una mejor comprensión de la realidad (Castro & Ramírez, 2013).

2.1.2 Educación basada en competencias científicas

A lo largo de la historia, la educación ha desempeñado un rol influyente en el desarrollo de cualquier sociedad porque suministra al individuo las herramientas necesarias para dar frente y superar problemas del día a día. Estos vínculos con las ciencias y con el mundo a través de una formación en ciencias como presencia ciudadana, implican que desarrolle una serie de competencias coherentes con los propósitos más generales que se persiguen en la construcción y organización de una sociedad.

El concepto de competencia evoluciona, se enriquece, se diferencia y encuentra nuevos espacios donde se aplica y adquiere nuevo significado. Como ocurre con todos los conceptos que buscan orientar las acciones y las interacciones en el lugar donde concurren múltiples saberes e intereses, como es el caso de la educación, las ideas acerca del significado teórico y social que toman las competencias configuran un terreno de debate entre perspectivas diferentes (Hernández, 2021).

Una vez que se comprende la actividad educativa como un proceso donde se forman individuos que han de desempeñar roles particulares dentro de una Sociedad, se tiende a orientar los programas de formación hacia modelos educativos basados en competencias. Este modelo educativo se basa principalmente en el perfil de egreso de los individuos a su salida de las instituciones de formación, mismo que deberá estar alineado con el ámbito laboral en el que se pueden insertar de forma posterior. Para Obaya et al. (Obaya, Vargas, & Delgadillo, 2011), una de las principales estrategias empleadas en este enfoque es el aprendizaje basado en problemas ya que favorece la transferencia de los conocimientos y de procedimientos, y poner en juego las actitudes en la solución de problemas “reales”. En este sentido, en este enfoque se puede distinguir un cambio de enfoque, desde el docente que enseña hacia la perspectiva del alumno que se desempeña (Cázares & Cuevas, 2007), lo que implica la necesidad de hacer la transición de un modelo basado en la enseñanza hacia uno centrado en el aprendizaje del alumno, que es conocido como Aprendizaje Basado en Competencias o ABC por sus siglas.

El proceso de Aprendizaje Basado en Competencias busca potenciar las capacidades del estudiante, al mismo tiempo que promueve autonomía y responsabilidad en su actuar. Busca integrar un conjunto de competencias genéricas (comunes para todos los estudiantes sin tener en cuenta las titulaciones) y competencias específicas (propias de cada titulación) de tal manera que permitan al estudiante adquirir conocimientos específicos, propios de la actividad que desarrollan, movilizarlos entre diversos contextos e integrarlos al mismo tiempo con a su estructura de actitudes y valores (Lizitza & Sheepshanks, 2020).

Este enfoque basado en competencias requiere que las entidades profesionales, las empresas y sectores de diversas índole e impacto en la producción comercial, intelectual,

entre otras, tengan una importante participación al momento de considerar qué competencias se requieran para dar respuesta a las necesidades no solo del entorno, sino del mundo actual.

2.1.3 Competencias en la educación superior

Reportes de la Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL) y de la Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura (UNESCO) advertían, desde hace casi treinta años, que el conocimiento sería en las futuras generaciones el elemento central de las nuevas sociedades, instando a las personas a desarrollar sus capacidades creativas y de innovación (CEPAL & UNESCO, 1992). En la misma línea, Hopenhayn, citado por García (García Retana, 2011), apuntaba al rol determinante que tendrían las TIC en la capacidad de generar mayores posibilidades y condiciones de igualdad, para la comunicación y el diálogo intercultural, generando oportunidades para disminuir la evidente brecha educativa entre las sociedades latinoamericanas y aquellos países que muestran un amplio desarrollo industrializado. En este sentido, se deja claro que el trabajo de armonizar los distintos aspectos que pueden crear estas condiciones recae de manera directa en la educación superior.

Dentro de cualquier Sociedad, la educación superior está llamada liderar y encargarse de todo tipo de estudio, de la formación académica o en investigación en el nivel posterior a la Educación media, teniendo lugar, comúnmente, en un espacio físico denominado “universidad” o cualquier otro establecimiento de enseñanza acreditado por las autoridades correspondientes como, por ejemplo, centros de enseñanza superior. Desde la segunda mitad del siglo XX, era evidente en todos los países que la educación superior enfrentaba dificultades y desafíos relacionados con el financiamiento, oportunidad equitativa al acceso y seguimiento de los estudios, posibilidades y acceso a capacitación del personal académico basado en competencias, la mejora en la calidad de los servicios, enseñanza y la investigación, el establecimiento de acuerdos de cooperación, entre otros (UNESCO, 1998). Este escenario reflejaba la necesidad imperante de una reestructuración y evolución de los modelos de enseñanza-aprendizaje. En este sentido, la introducción de las competencias al ámbito educación representa un cambio de paradigma que va más allá

de una mera adaptación de los planes de estudio, con la intención de cumplir con normativas establecidas por las instituciones encargadas de velar por la formación a nivel superior, sino impulsar una cultura de cambio de mentalidad en los profesores universitarios sobre los procesos de enseñanza y la evaluación del aprendizaje (Lizitza & Sheepshanks, 2020). La transición de un currículo convencional a uno basado en competencias está alineada con esta necesidad que se puede visualizar claramente, al migrar de una forma de ver el proceso desde las lógicas conceptuales propuestas por especialistas del mundo académico a una planificación del proceso que parte de la realidad y el área donde se va a desempeñar el estudiante, y de las funciones y tareas que formarán parte de su ejercicio de una profesión.

En la actualidad, los centros de educación superior, a pesar de evidenciar cambios en sus estructuras, no han logrado que estos se den de forma simultánea con los avances de la civilización, lo que no es coherente con el hecho de ser la institución responsable del desarrollo de la Ciencia y la modernización. Los miembros de la comunidad académica, en su mayoría, muestran cierta resistencia al cambio, lo que se refleja en una práctica docente que se caracteriza por ser poco flexible, al utilizar prácticas ancestrales que utilizaron sus docentes, y muy probablemente, los que les antecedieron a estos últimos. La realidad actual, permeada por la globalización, cambia el escenario de la enseñanza al tener la necesidad de formar individuos que han creado un conjunto de necesidades en las nuevas tecnologías de la información y la comunicación, y que es necesario abordar desde el proceso. Esto plantea la necesidad de enfrentar los desafíos que imponen los avances científicos y tecnológicos en el marco de la globalización, además de los nuevos retos y perspectivas en torno al papel que tienen las instituciones de educación superior en afrontar los retos del desarrollo humano y social de las sociedades (Neubauer & Ordoñez, 2008).

Lo antes expuesto muestra la necesidad que tiene el docente universitario de redefinirse. Ser un profesional extraordinario en un área específica del conocimiento (no relacionada con la enseñanza de las Ciencias), contar con titulaciones en los grados de licenciatura, maestría o doctorado en una especialidad, no son una garantía de que se encuentre en la capacidad de obtener los resultados que se espera en los individuos que se están formando. El logro de los objetivos de la actividad docente está vinculado con sus

competencias para desempeñar este rol, que están definidas a partir de un perfil competencial entendido como un conjunto de capacidades, comportamientos y habilidades que le permitan estructurar el proceso de manera adecuada. En este sentido, no es posible introducir cambios en la educación superior si no es a través de los docentes, por lo que es necesario redefinir el perfil competencial adecuándolo a los nuevos escenarios de actuación profesional, de tal manera que sea capaz de cambiar el rol tradicional del estudiante como simple espectador y receptor de información, a uno activo y responsable de su propio aprendizaje. Esta dinámica, tal como lo menciona Álvarez, citado por Clavijo (Clavijo, 2018), promueve en un estudiante universitario altos niveles de autonomía, creatividad, criticidad, reflexividad, capacidad de resolución de problemas y ansias de superación.

La adaptación de los planes curriculares a las demandas del sistema requiere que se considere la creatividad e innovación como parte de las competencias genéricas que corresponden a la formación de profesionales en los distintos campos del conocimiento. Hernández et al, citado por Lizitza (Lizitza & Sheepshanks, 2020), consideran que se deben desarrollar en todas las personas, independientemente del nivel educativo y del tipo de formación, además, de indispensables para el desempeño académico y laboral. De forma más concreta, un referente importante para la toma de decisiones enfocadas en el desarrollo de competencias a nivel de la educación superior y el mejoramiento en la calidad de la educación, lo podemos encontrar en el documento sobre las reflexiones y perspectivas de la Educación Superior en América Latina del proyecto Tuning (Tuning, 2007, págs. 41-42). Allí se enfatiza en el hecho de que elegir y adaptar un modelo de enseñanza basada en competencias en la educación superior, aporta beneficios en diversos actores: instituciones, docentes, estudiantes y graduados, y los empleadores.

2.1.4 Competencias digitales

Otro aspecto que ha permeado el contexto de la educación superior, y que forma parte de las competencias a este nivel, y cualquier otro, es el uso pertinente de las TIC y de la Internet. Su incorporación en casi todos los frentes de la actividad humana ha generado notables cambios en los métodos de enseñanza-aprendizaje, y tienden a reflejarse en una necesidad permanente de adecuar los contenidos curriculares y revisar las actividades de

formación profesional que tienen relación con los campos de aprendizaje de corte vivencial y experimental, por mencionar un ejemplo. La forma en que su integración ha invadido y modificado el comportamiento de las sociedades muestra el alcance de las TIC y la transversalidad que tiene para sus ciudadanos, al incidir en la forma en que establecemos relaciones en los ámbitos en que nos desenvolvemos.

Actualmente, el manejo de las TIC está vinculado a un conjunto de competencias reconocido como *competencias TIC* o *competencias tecnológicas*. Con la intención de mantener un concepto único, en esta sección las denotaremos como competencias tecnológicas. La revisión de literatura que comparten Sandí et al (Sandí Delgado & Sanz, 2018, pág. 99) muestra el amplio debate que ha tenido el término por una diversidad de autores, quienes coinciden en que está relacionado al uso y dominio de diversas herramientas tecnológicas, sumado a las habilidades asociadas y que son parte de lo requerido para un uso correcto.

Según la Comisión Europea, citado por Fernández (Tejada Fernández & Pozos Pérez, 2018), la competencia digital: “...entraña el uso seguro y crítico de las tecnologías de la sociedad de la información (TSI) para el trabajo, el ocio y la comunicación. Se sustenta en las competencias básicas en materia de TIC: el uso de ordenadores para obtener, evaluar, almacenar, producir, presentar e intercambiar información, y comunicarse y participar en redes de colaboración a través de Internet”. Para Ala-Mutka, citado por Ascencio et al (Ascencio Ojeda, Glasserman Morales, & Quintana Albalat, 2019), las competencias digitales pueden ser definidas como: “...el uso seguro, crítico y creativo de las TIC para lograr objetivos relacionados con el trabajo, la empleabilidad, el aprendizaje, el ocio, la inclusión y la participación en la sociedad”. Por otro lado, Jaén et al (Jaén Martínez, Martín Padilla, & López Meneses, 2014) consideran estas competencias como: “aquel conjunto de saberes, conocimientos, destrezas y actitudes que ayudan al individuo a gestionar la información de forma eficaz y útil, comunicarse con otros de forma eficiente en comunidades interactivas, acceden y utilizan servicios relacionados con el software social que permiten desenvolverse con las demandas de la actual Sociedad de la Información y el Conocimiento y aplicarlas en el desarrollo profesional.” De forma general, una inspección de estas definiciones, y otras disponibles en distintos recursos,

apunta a un uso crítico de los recursos propios de la tecnología, de tal manera que puedan movilizarse hacia aspectos relacionados con la comunicación entre individuos de una sociedad, el uso y manejo debido de información y el desarrollo profesional en ámbitos diversos.

2.1.5 Los ambientes de aprendizaje y el desarrollo de competencias

Las competencias que se desarrollen a través del proceso de enseñanza-aprendizaje son el resultado de cómo se conjugan en una estructura un cuerpo de conocimientos, habilidades y destrezas, dentro de cierto contexto. En este espacio donde se desarrolla el proceso de formación adquiere relevancia no solo la calidad de los aprendizajes que se concreten, sino el aprendizaje conceptual que se deriva, al tener en cuenta la integración de otros dominios relacionados con el *saber hacer* (dominio procedimental) y *saber ser* (dominio actitudinal). En este sentido, para que se logre comprender los conceptos e integrar las prácticas propias de la disciplina, es necesario que los estudiantes sean expuestos a *ambientes de aprendizaje* que reflejen problemas auténticos de la Física como Ciencia experimental, haciendo un acercamiento de la Ciencia y su alcance a la realidad de su entorno.

Lo anterior, sumado a los rápidos avances de las TIC, que resulta en impactos directos en distintos sectores de la Sociedad, y a los aportes de las ciencias del aprendizaje, llevan a necesidad de replantear la forma en la que se aborda el proceso de enseñanza. La necesidad de promover en los estudiantes aprendizaje auto-regulado con sensibilidad a lo que sucede en su contexto, al involucrar sus emociones y motivaciones, aporta en el desarrollo de habilidades metacognitivas. En este sentido, la investigación cognitiva sobre el aprendizaje ha proporcionado evidencia sobre 7 principios que deben estar a la base de la estructuración de ambientes de aprendizaje efectivos (UNICEF LACRO, OCDE, OIE-UNESCO, 2016): 1) los aprendices al centro; 2) la naturaleza social del aprendizaje; 3) las emociones son esenciales para el aprendizaje; 4) reconocer las diferencias individuales; 5) incluir a todos los estudiantes; 6) evaluación para el aprendizaje; y 7) construir conexiones horizontales. Es necesario poner al individuo en contacto con una diversidad de actividades y contextos, de tal manera que sea capaz transferir lo aprendido y evidenciar la

transdisciplinariedad del conocimiento, permitiendo que se den los espacios de interacción social para que los aprendices puedan intercambiar y contrastar puntos de vista, enfatizando en la naturaleza social de la construcción del conocimiento, la diversidad de estilos y ritmos de aprendizaje, y la integración de que deben mostrar los aportes de una disciplina con otros para la comprensión de problemas complejos, como lo son las señales. Esta visión descarta la idea errónea del abordaje de muchos contenidos, sin aplicación quizás, y hasta desligados de la realidad e intereses del estudiante, lo que no incide, necesariamente, en una debida asimilación y entendimiento del quehacer del físico.

2.1.6 La actividad experimental en Física

La imagen que se maneja sobre el papel que desempeña la actividad experimental en Física dentro del proceso de formación, en distintos momentos de la historia, puede estar influenciada por dos aspectos: 1) cómo se concibe el espacio del laboratorio en Ciencias y 2) el enfoque de enseñanza-aprendizaje adoptado. El primer aspecto se relaciona con el valor que se le da al laboratorio y la actividad que se desarrolla en él, pudiendo tener una profunda influencia del positivismo, por una lado, donde el experimento tiene un lugar preferencial, derivado de un saber riguroso, a través del análisis matemático, hasta una concepción más cercana hacia el racionalismo, como la visión de Einstein quien plantea la existencia de hechos y de axiomas inventados por el hombre, de los cuales se extraen consecuencias, no con la intención de verificar los axiomas, sino como una forma de establecer una correspondencia entre consecuencia y experimento, lo que permite alcanzar una comprensión aproximada de la naturaleza (Andrés, Pesa, & Meneses, 2021). El segundo aspecto está relacionado con los modelos adoptados en las instituciones de formación, donde la estructura de la actividad experimental tiende hacia la adopción de un modelo que puede ir del conductismo, como prácticas normalmente rígidas centradas en el proceso, hasta socio-constructivistas, donde la actividad no se desvincula de la realidad del individuo y su lugar dentro de un entorno social, asignándole un rol como eje central del proceso. Lo anterior no implica que dos o más modelos no puedan coexistir en la práctica, o tomar los beneficios de uno u otro para estructurar el desarrollo de la actividad

experimental. Esta flexibilidad no enmarca la propuesta en un esquema confinado e inalterable.

Para abordar el estudio de las señales como fenómeno físico, compartiremos la visión de la actividad experimental de Tenaglia (Tenaglia, y otros, 2011) vista como “...una amalgama de acciones propias de las prácticas científicas, enfocadas en producir y profundizar los vínculos que existen entre los modelos sustentados en los cuerpos teóricos de la Física y la realidad que intentan describir y explicar”.

Dentro de la actividad experimental, el carácter comunicativo de la construcción del conocimiento científico tiene considerables implicaciones en la enseñanza de las ciencias al generar espacios de interacción donde confluyen los distintos elementos del triángulo didáctico (docente, educando y contenido). Esta interacción permanente ofrece al estudiante la oportunidad de explorar, elaborar explicaciones y reflexionar, por lo que juega un papel medular en el aprendizaje de la Física. En este sentido, la formación en Física, en todos los niveles, debería estar alineada en desarrollar y promover los valores propios de la producción de conocimiento científico, explotando los beneficios del trabajo en grupo a través de la interacción entre pares y con el docente. Para lograr su cometido, el diseño de las actividades debe estar bien pensando, de tal manera que permita espacios en los que el individuo pueda elaborar hipótesis de trabajo, hacer predicciones sobre los resultados obtenidos, elaborar comunicaciones orales y escritas, buscar literatura como apoyo en búsqueda de alternativas, entre otras. Estos diseños permiten poner en evidencia las concepciones y la capacidad de argumentar frente a una situación problemática, y así poder hacer los ajustes correspondientes al mismo tiempo que se evalúa el desarrollo de competencias particulares (Giraldo Suárez, 2014).

La Sociedad, dentro de sus distintos contextos, exhibe tendencias de evolución y cambio. Este comportamiento obedece a una respuesta del conocimiento e información que se generan producto de las distintas actividades que desarrolla el Ser Humano en su búsqueda de un mejor estilo de vida. La educación no escapa a esta realidad, mostrando la necesidad de reinventar los métodos y estrategias propios de la práctica docente para responder a la demanda del sistema del que forma parte.

Las universidades, como instituciones destinadas a generar y proporcionar conocimientos especializados en cada rama del saber, además, encargadas de la formación de formadores, no puede utilizar los mismos modelos de enseñanza que fueron útiles hace 50 o 100 años. Esta institución, como responsable y garante en la generación de cambios y desarrollo en términos de Ciencia, debe mostrar cierto grado de flexibilidad al basar una oferta académica acorde a las necesidades de la Sociedad, convirtiéndose en agentes de cambio y desarrollo. En otras palabras, enseñar hoy día, de la misma manera en que aprendimos, no es suficiente.

2.2 Sistemas libres - Código abierto y software libre

2.2.1 Software libre

El software libre es considerado un tipo de software cuyo código fuente permite al usuario la libertad de compartirlo, estudiarlo y modificarlo con cualquier finalidad (Free Software Foundation, 2021).

El término software libre se basa, en concreto, en cuatro libertades tal como fue concebido por Richard Stallman (González, Seoane, Robles, Megías, & Mas, 2003):

1. Libertad para ejecutar el programa en cualquier sitio, con cualquier propósito y para siempre.
2. Libertad para estudiarlo y adaptarlo a nuestras necesidades. Esto exige el acceso al código fuente.
3. Libertad de redistribución, de modo que se nos permita colaborar con vecinos y amigos.
4. Libertad para mejorar el programa y publicar las mejoras. También exige el código fuente.

Estas libertades que aplican para el software libre se pueden garantizar a través de acuerdos con la legalidad vigente por medio de licencias. En estas se plasman libertades, al mismo tiempo que restricciones compatibles con ellas, como dar crédito a los autores originales si se redistribuyen, o incluso obligar a que los programas anexos también sean libres, promoviendo así la creación de más software libre.

2.2.2 Software de Código abierto

El software de código abierto es aquel software cuyo código fuente puede ser inspeccionado, modificado y mejorado (Open Source, 2021).

A diferencia de los softwares de código cerrado, donde solo el autor, un grupo u organización puede modificar el código fuente, el software de código abierto permite su acceso a otros que quieran copiarlo, aprender de él, alterarlo o compartirlo, siendo algunos de los ejemplos más conocidos el paquete de oficina LibreOffice y el programa de manipulación de imágenes GNU.

Las licencias de este tipo de software permiten su uso para cualquier propósito, siendo en ocasiones una condición de su uso el que cualquier modificación y distribución de sus copias, conlleve la liberación del código fuente, sin tener que incurrir al pago de cuotas por los derechos de autor.

2.2.3 Hardware libre

Se denomina hardware libre a aquellos dispositivos de hardware cuyas especificaciones y diagramas esquemáticos son de acceso público, ya sea bajo algún tipo de pago, o de forma gratuita (Wikipedia(c), 2021).

En el contexto del hardware libre aplica la misma filosofía del software libre, por lo que forma parte de lo que se denomina cultura libre. Los usuarios pueden realizar copias y utilizarlo libremente realizando, o no, cambios.

En este sentido, el concepto que en realidad necesitamos conocer es el de diseño libre para hardware. Este concepto se refiere a un diseño que otorga a los usuarios el permiso de usarlo (por ejemplo, fabricar hardware a partir de él), copiarlo y redistribuirlo, con o sin modificaciones (Stallman, 2021). El diseño debe otorgar las mismas cuatro libertades que definen al software libre.

2.2.4 Raspberry Pi 4.

La RPi 4 es un ordenador de placa reducida creado por la Raspberry Pi Foundation, y lanzado al mercado a mediados del 2019 (figura 1). El objetivo de sus creadores era poner en manos de las personas de todo el mundo el poder de la informática y la creación

digital al producir una microcomputadora educacional de bajo costo, dirigida hacia un público que incluiría entusiastas de la computación, estudiantes en formación y jóvenes (RaspberryPi(c), 2021).

Las altas prestaciones de la RPi 4 permite a personas de todas las edades explorar la computación y aprender a programar en lenguajes como Scrath y Python. Al mismo tiempo, es capaz de hacer todo lo que se puede esperar de un computador de escritorio: navegar por internet, reproducir vídeo de alta definición, editar hojas de cálculo, abrir procesadores de texto y correr programas de procesamiento de datos, entre otras.

Al igual que en sus versiones anteriores, carece completamente de partes móviles (sin tomar en consideración el sistema de almacenamiento), por lo que se le denomina *single board computer* o SBC, por sus siglas. Aunque todas las versiones están basadas en SoC (acrónimo de Sistema en un chip, en español) de la misma familia, tienen características ligeramente distintas. Su diseño está pensado para ser utilizado como una plataforma de programación, o bien como un controlador de dispositivos periféricos de bajo nivel.

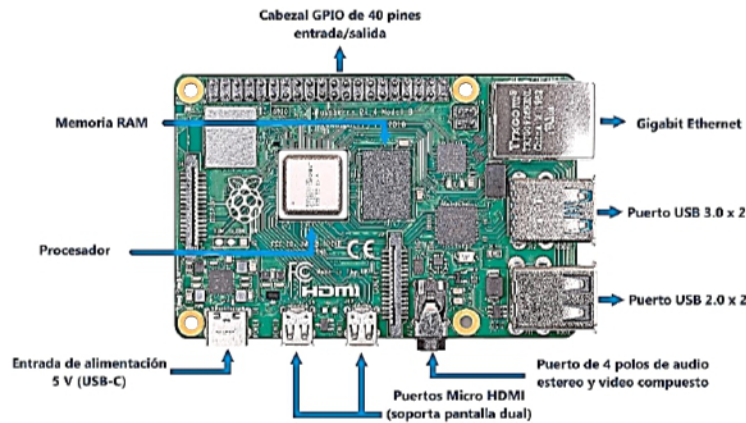


Figura 1. Placa Raspberry Pi, modelo 4B.

Desde su primera versión, hasta el modelo RPi 4B, las mejoras en términos de rapidez de procesamiento, número de puertos de acceso, conectividad, entre otras, han sido considerables. A continuación, enlistamos las características técnicas de la RPi 4B, en su versión de 8 GB de memoria (RaspberryPi, 2021):

- ✓ Broadcom BCM2711, de cuatro núcleos a 1,5 GHz con brazo Cortex-A72 de 64 bit.
- ✓ Memoria RAM de 8GB LPDDR4-3200 SDRAM.
- ✓ 2.4 GHz y 5.0 GHz IEEE 802.11 Wi-Fi, Bluetooth 5.0, BLE.
- ✓ Gigabit Ethernet.
- ✓ Cabezal GPIO estándar de 40 pines.
- ✓ 2 puertos USB 3.0 + 2 puertos USB 2.0.
- ✓ 2 puertos micro HDMI.
- ✓ 1 puerto de pantalla MIPI DSI.
- ✓ 1 puerto de cámara MIPI CSI.
- ✓ Salida estéreo de 4 polos y puerto de vídeo compuesto.
- ✓ H.265 (4kp60 decodificación), H.264 (1080p60 decodificación, 1080p30 codificación).
- ✓ Gráficas OpenGL ES, 3.0.
- ✓ Ranura Micro-SD para cargar el Sistema Operativo (SO) y almacenamiento de datos (mínimo 2 GB).
- ✓ Alimentación de 5V DC vía USB-C (3 A).

2.2.4.1 Entradas y salidas digitales

Aparte de las prestaciones técnicas que provee la RPi 4, este minicomputador permite establecer comunicación con otros periféricos o sistemas de adquisición de datos mediante protocolos informáticos de comunicación. Esta comunicación se establece mediante la conexión de los pines del cabezal GPIO (acrónimo de entrada/salida de propósito general, en español). En la versión RPi 4 se pueden encontrar pines específicos que permiten la comunicación con otros tipos de dispositivos o herramientas de control, como: puertos de PWM (acrónimo de modulación de ancho de pulso) dedicados en el hardware a 4 pines externos, bus serial de interfaz periférico (o SPI según sus siglas), protocolo I²C (acrónimo de circuito inter-integrado, en español) y comunicación serial. Esta comunicación es mediada por el Sistema Operativo, lo que permite adquirir datos provenientes de transductores comerciales por medio del uso de librerías.

Los transductores, en general, son aquellos dispositivos que convierten una señal de una determinada naturaleza en una señal correspondiente, pero de otra naturaleza que permita/facilite su procesamiento (Pallás, 2013). Por tanto, los sensores son dispositivos que a partir de la energía del medio donde se mide, proveen una señal de salida traducible que es función de la variable de medida. Esta posibilidad de establecer comunicación y transferir información con otros dispositivos, ha sido ampliamente desarrollada, encontrando variedad de aplicaciones en la RPi y la informática en general.

Desde el primer modelo de la RPi se cuenta con un buen número de pines que pueden configurarse como entradas o salidas digitales para el control de periféricos, sensores o actuadores externos. La mayoría de los pines son entradas/salidas digitales de propósito general. Esto permite que se puedan configurar como entradas o salidas, que pueden leer o escribirse con un valor digital, alto o bajo, uno o cero (lógica binaria). Es importante destacar que esto implica ciertos rangos de tolerancia en términos de las tensiones que puede manejar.

Las posibles configuraciones para la entrada o salida de señales permiten al usuario establecer los protocolos de comunicación acorde a las características de la información que se intercambia.

2.2.4.2 Sistemas operativos compatibles con la RPi 4.

Un sistema operativo (SO) consiste en un software que administra una computadora y permite ejecutar aplicaciones en él, siendo unos de los más populares aquellos basados en la plataforma Linux. El desarrollo de SO de código abierto es un ejemplo de cómo los proyectos colaborativos de las comunidades de desarrolladores igualan a compañías dedicadas al desarrollo de Software pago, siendo uno de los ejemplos más destacados Raspberry Pi OS (Raspbian).

Raspbian consiste en un sistema operativo libre basado en Debian optimizado para la RPi. Es un sistema operativo embebido lanzado en junio de 2012, y ofrece una gran cantidad de recursos como: más de 35 000 paquetes de software que permiten, actualizar, instalar y desinstalar de forma sencilla, software de desarrollo preinstalados en el sistema operativo (RaspberryPi(d), 2021). Es importante tener en cuenta que Raspbian no está

afiliado a la fundación Raspberry, lo que lo convierte en un software libre. El SO Raspbian posee una distribución GNU/Linux, lo cual permite que todo su software este en código abierto creando la posibilidad de ser recompilado en la misma RPi, además de ofrecer repositorios que permiten a los usuarios la opción de descargar programas como si se tratase de una distribución de Linux, tomando la ventaja de una computadora de escritorio de bajo costo.

El minicomputador RPi 4B, lanzado a finales del 2019, ha tenido una acogida igual de exitosa que sus predecesoras entre los aficionados de la tecnología, docentes, investigadores y principiantes del mundo digital. Entre las ventajas que muestra la RPi 4 está la posibilidad de adaptar o configurar el dispositivo a las necesidades del usuario, lo que la ha convertido en un lienzo en donde los programadores pueden realizar diferentes proyectos que pueden ir desde modificaciones a programas existente (comúnmente compartidos por las distintas comunidades de usuarios), hasta nuevos desarrollos.

La versatilidad de la plataforma permite al usuario trabajar en entornos, o Sistemas Operativos (SO), que les brinden cierta familiaridad con aquellos que son utilizados por tradición, hasta acceso a aplicaciones equivalentes a las que se utilizan en SO de cobro. Dentro de los SO más utilizados para la RPi, tenemos: Raspbian, Kali Linux, Pidora, Windows 10 IoT Core, Ubuntu Core, RISC OS, SARPi, Arch Linux ARM, FreeBSD y RetroPie.

El listado anterior presenta una referencia de los SO más comunes con los que trabaja la RPi, aunque puede ser más extensa. La RPi 4, al igual que sus predecesoras, usa principalmente sistemas operativos GNU/Linux que suelen ser de código abierto, multiplataforma, multiusuario y multitarea, diseñados para ser compatibles con procesadores de arquitectura ARM. Dentro de la práctica, cada uno de estos SO presenta, en comparación con las otras opciones, una serie de ventajas o inconvenientes que se resumen en la tabla 1.

TABLA 1. Comparativa entre SO que funcionan o se han portado en la placa RPi.

SO	Ventajas	Inconvenientes
Raspbian	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Fácil de usar. ✓ Excelente soporte al usuario. 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Actualizaciones de software con algo de retraso.

Kali Linux	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Diversas herramientas de seguridad integradas. ✓ Permite realizar pruebas de seguridad en ordenadores y redes. 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ No apto para inexpertos en Linux. ✓ Requisitos de RAM muy elevados.
Pidora	<ul style="list-style-type: none"> ✓ El modo <i>headless</i> permite configurar los dispositivos sin pantalla o monitor. ✓ Específico para RPi. 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ No apto para inexpertos. ✓ Necesita muchos recursos.
Windows 10 IoT Core	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Conexión fluida de dispositivos IoT. ✓ Asistencia especial sobre RPi. 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Propietario. ✓ Se necesita la versión actual de Windows 10.
Ubuntu Core	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Actualizaciones de software regulares. ✓ Función <i>backroll</i> para todas las actualizaciones. 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Los <i>snaps</i> requieren más espacio que los paquetes de software clásicos.
RISC OS	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Núcleo de sistema muy ligero. ✓ Se amplía fácilmente gracias a su estructura modular. 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Número limitado de desarrolladores activos.
SARPi	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Los paquetes nuevos se publican tras realizar pruebas exhaustivas. ✓ Control máximo sobre la instalación y configuración del sistema y los programas. 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Comunidad reducida. ✓ Requisitos de almacenamiento elevados.
Arch Linux ARM	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Actualizaciones seguras y rápidas del paquete de software. ✓ Control total del sistema. 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Configuración compleja. ✓ Riesgo de paquetes inestables debido a períodos de prueba muy breves.

Nota: la tabla muestra una comparativa general de algunos de los SO más utilizados en las distintas versiones de la placa RPi. Fuente: <https://www.ionos.es/digitalguide/servidores/know-how/sistemas-operativos-para-raspberry-pi/>.

2.2.4.3 Lenguaje de programación Python.

Dentro de los lenguajes informáticos, Python, pertenece al grupo de los lenguajes de programación y puede ser clasificado como un lenguaje interpretado, de alto nivel, multiplataforma, de tipado dinámico y multiparadigma (Bahit, 2018). Este lenguaje de programación está orientado a objetos de fácil implementación, de tal manera que permite tratar diversas tareas dentro de la programación.

Al igual que todo lenguaje de programación, Python se compone de una serie de elementos y estructuras que componen su sintaxis. Facilita un amplio conjunto de herramientas de codificación y cuenta con un grupo de bibliotecas que ayuda a ampliar rápidamente su desarrollo. Posee una licencia de código abierto lo que facilita a los programadores un extenso dominio en aplicaciones orientadas hacia el desarrollo web e internet, educación, científico y numérico, aplicación en negocios, entre otros.

Es un lenguaje de programación interpretado que permite, a diferencia de otros lenguajes, implementar librerías estándar en el lenguaje C, lo que hace que sus funciones sean bastante eficientes al momento de compilarse. Su lenguaje se compone de una serie de elementos que alimentan su estructura. Entre ellos, podremos encontrar los siguientes: variables, tipos de datos, operadores aritméticos, comentarios y tipos de datos complejos (Bahit, 2012).

Una de las características principales de Python es el hecho de que puede ser soportado sobre cualquier plataforma de sistema operativo o servidor red. Por otra parte, no necesita compilar el código fuente para poder ser ejecutado, ya que la sencillez en la sintaxis permite la facilidad de desarrollar programas en menor tiempo. Otra gran ventaja que posee es la disposición de librerías incorporadas en el propio lenguaje para el tratamiento de archivos, caracteres, importación de programas e incluso sistemas de red. Debido a que es un lenguaje de alto nivel permite contener de forma implícita algunas estructuras de datos como: listas, conjuntos y tareas complejas en pocas líneas de código de manera legible.

3. METODOLOGÍA

El presente trabajo de investigación se desarrolla en torno a una situación problemática específica, real y compleja inherente a la formación de físicos a nivel de licenciatura en la Universidad de Panamá, por acotar la dimensionalidad de un problema que es extensivo a distintos niveles, instituciones formadoras y disciplinas científicas, sobre la visión que se tiene de la Física y la necesidad de desarrollar nuevos modelos de enseñanza adaptando nuevas prácticas didácticas acordes a los requerimientos de la sociedad de la información. Es específica porque pretende evaluar las potencialidades de la herramienta RPi 4 como un recurso con prestaciones y posibilidades para ser adaptado dentro de la actividad docente en Física, como un complemento; real por cuanto se explora su impacto en el contexto natural de la enseñanza de la Física a nivel de licenciatura, donde se conoce la intencionalidad de la institución formadora (Universidad de Panamá) a través del perfil de egreso de los profesionales en formación; compleja dado que las aristas de esta situación problemática trascienden aspectos de orden social, económico, político y de concepciones dicotómicas en cuanto al papel que juega la Física y la Ciencia dentro la Sociedad.

Se conoce de la literatura el panorama socioeconómico general en que vive la mayoría de los panameños, y los problemas a los que se enfrenta en términos de conectividad y acceso a recursos tecnológicos. En este sentido, se parte del hecho de que la mayor parte de la población estudiantil a nivel de primaria, secundaria y universitaria, no se encuentra en la capacidad económica para acceder a aquellos recursos que, tradicionalmente, el sistema de formación nos ha empujado a consumir como apoyo en el proceso de enseñanza-aprendizaje (computador de costo medio o alto y programas pagos) y que se requiere para dar continuidad a su escolaridad, mucho menos en momentos como los que se vive por motivos de la COVID-19. De igual manera, la literatura refleja que en

países como el nuestro no es convencional el uso de software gratuito y libre, o de equipos de bajo costo como una herramienta utilizada por el docente de Física en sus clases.

Basados en el contexto descrito anteriormente, procedemos a presentar un panorama de los aspectos metodológicos que tienen relación con la naturaleza del problema de estudio, y la elección de aquellos que guiaron el presente trabajo de investigación. Se argumenta la perspectiva metodológica adoptada, en función de las características y contexto que definen el problema/situación de estudio, teniendo como cierre el diseño metodológico de las distintas fases de la investigación que se llevó a cabo.

Siendo el contexto de la investigación el escenario de la enseñanza de la Física es necesario rescatar que, sin dejar de lado su función de crear conocimiento, las investigaciones educativas asumen un nuevo papel al enfocarse en la generación de conocimientos útiles para la acción educativa, buscando soluciones y no explicación a los problemas educativos (Keeves, 1988, citado en Latorre, Del Rincón, & Arnal, 1996, pág. 37). La realidad educativa compleja de nuestra población de estudiantes y docentes involucra dentro de sus diversas aristas, aspectos relacionados con las diferencias socio-económicas, reflejadas en el acceso a recurso y formación de menor o mayor calidad en sus años iniciales, la diversidad de paradigmas vinculados con el papel de la actividad científica, lo que comúnmente se refleja en los métodos utilizados en la práctica docente, la dificultad del docente de lograr los objetivos de enseñanza en Física debido a la variabilidad en el tiempo de los fenómenos educativos, lo que se traduce en una dificultad de establecer regularidades y generalizaciones, tal como se puede hacer en la caracterización de un material compuesto en Física del estado sólido, por dar un ejemplo, entre otros. Esto plantea la necesidad de recurrir a una perspectiva metodología de investigación con un enfoque *evaluativo-descriptivo*.

El problema que plantea la pregunta central del trabajo impone la necesidad de enmarcar el desarrollo de la investigación bajo cierto paradigma. Latorre et al (1996, pág. 40) plantea que en la literatura se pueden identificar tres grandes paradigmas en investigación educativa como un marco de referencia: **positivista** (cuantitativo), **interpretativo** (cualitativo) y **sociocrítico**. El primer paradigma (positivista) no se considera como un marco de referencia del trabajo, ya que dentro de sus supuestos “*La*

teoría ha de ser universal, no vinculada a un contexto específico ni a las circunstancias en las que se formulan las generalizaciones” (Popkewitz, 1988, citado en Latorre, Del Rincón, & Arnal, 1996, pág. 40), lo que no coincide con la naturaleza del contexto de estudio. El paradigma interpretativo, de forma antagónica al positivista, busca sustituir las nociones de explicación, predicción y control, comúnmente deductivas, por otras como comprensión, significado y acción, lo que va de la mano con el énfasis que se hace en la comprensión e interpretación de la realidad educativa, teniendo en cuenta los significados que se comparten entre las personas de cierto contexto educativo, entre otras características que no son susceptibles de experimentación (Latorre, Del Rincón, & Arnal, 1996, pág. 42). Por último, el paradigma sociocrítico nace como una alternativa que intenta admitir la posibilidad de investigaciones que no sean ni puramente empíricas ni solamente interpretativas, como por tradición se hizo al distinguir entre los dos enfoques anteriores. Este paradigma está enfocado en el análisis de las transformaciones sociales y los problemas que de ellas derivan, siendo algunos de sus principios (Latorre, Del Rincón, & Arnal, 1996, pág. 42): *a) conocer y comprender la realidad como praxis, b) unir teoría y práctica, c) orientar el conocimiento a emancipar y liberar al hombre, y d) implicar al docente a partir de la autorreflexión*. Desde las dimensiones conceptual y metodológicas, este paradigma comparte elementos con el interpretativo, al que normalmente agrega un componente ideológico a través del conocimiento de las ideas que comparten los individuos de una comunidad, permitiendo transformar su realidad, además de describirla y comprenderla (Latorre, Del Rincón, & Arnal, 1996, pág. 43). En este sentido, el paradigma de referencia elegido para la estructuración de una metodología de trabajo, paradigma sociocrítico, parte de comprender que el problema de la enseñanza en Física tiene múltiples aristas, pero la intencionalidad de evaluar las potencialidades del recurso como apoyo al docente de Física, van de la mano con las necesidades de transformación del proceso de formación y la autorreflexión del mismo.

En las últimas décadas se ha evidenciado una necesidad creciente de evaluar la eficacia de los programas educativos y de las prácticas docentes en diversas áreas, siendo un contexto donde se realizan grandes inversiones de dinero y se forma el relevo generacional de una sociedad, dando cabida al uso de metodologías propias de la

investigación evaluativa. La investigación evaluativa “... se encuadra en un contexto de cambio y más concretamente, en un contexto de cambio social” (Escudero, 2016), lo que lo caracteriza por su corriente de pensamiento paradigmático enfocado hacia la resolución práctica de problemas concretos, orientada esencialmente a valorar una situación concreta y tomar decisiones alternativas en caso de ser necesario (Latorre, Del Rincón, & Arnal, 1996, pág. 242). Se podría considerar, en general, como una extensión de una amplia gama de métodos de investigación educativa que derivan en la acumulación de evidencias viables y fiables sobre el grado en que un conjunto de actividades específicas produce resultados concretos (Ruthman, 1977, citado en Alvira, 1985).

El carácter ecléctico de la investigación evaluativa, en contraste con los paradigmas positivistas e interpretativos, permite ocupar una postura que conjuga las aportaciones de ambas perspectivas. Este paradigma no considera la opción de delimitarse al uso de las metodologías de una sola perspectiva, lo que permite evaluar el fenómeno educativo y su contexto y así orientar la elección de una metodología (Latorre, Del Rincón, & Arnal, 1996, págs. 244-245). La forma en que se diseñan la investigación evaluativa sirve como un marco de referencia para planificar la investigación y definir una metodología acorde a la orientación deseada. En este sentido, Latorre et al. (1996, pág. 245) presenta una clasificación de los distintos diseños según las perspectivas identificadas por diferentes autores: empírico-analítica, humanístico-interpretativa y susceptibles de complementariedad.

La necesidad de conferir cierta flexibilidad y adaptabilidad a la metodología que sustenta las acciones a tomar durante el trabajo partió por elegir un diseño susceptible de complementariedad. Estos diseños, que se acompañan de una metodología determinada se caracterizan por estar más orientados a la toma de decisiones (Cronbach, 1963 y Stufflebeam, 1966 citado en Latorre, Del Rincón, & Arnal, 1996, pág. 249), siendo dos de sus diseños más representativos los modelos *UTOS* y *CIPP*. El diseño *UTOS*, desarrollado por Cronbach, se enfoca en la necesidad de descubrir métodos que se adapten a la naturaleza compleja y multivariable del contexto social (Ballart, 1996), planificando la evaluación de acuerdo a cuatro elementos: *unidades* (sujetos con determinadas características), *tratamientos* (disponibilidad de aplicar un programa concreto),

observación (accesibilidad a datos antes, durante y después de la aplicación del programa) y el “*setting*” (contexto en el que se desarrolla) (Latorre, Del Rincón, & Arnal, 1996, pág. 250). Por otro lado, el diseño CIPP se enfoca en “... *satisfacer las necesidades más importantes o, al menos, hacer lo posible con los recursos de que se dispongan.*” (Latorre, Del Rincón, & Arnal, 1996, pág. 251), planteando como objetivos principales (Bausela, 2003): *a) valorar el estado del objeto, programa o política educativa, b) identificar las deficiencias, c) identificar las virtudes que puedan ayudar a subsanar las deficiencias, d) diagnosticar los problemas cuya solución puede mejorar el estado del objeto y e) caracterizar el marco en que se desarrolla el programa.* Este segundo diseño (CIPP) toma en consideración los componentes *Contexto, Entrada, Proceso y Producto.*

La descripción anterior sobre el panorama que subyace a las metodologías propias de la investigación evaluativa, caracterizadas por un marco flexible y adaptable a contextos de naturaleza compleja como lo es el caso de la enseñanza, en nuestro caso de la Física, y del panorama complejo de los involucrados en el acto educativo, dirigió la elección del diseño de la metodología durante la evaluación y descripción de algunas de las potencialidades del recurso RPi. El diseño se separa en tres fases, de las cuales aportamos detalles a continuación.

Fase 1. Selección y montaje del equipo.

Esta fase se orientó en torno a la decisión de adquirir el equipo RPi 4, además de un conjunto de sensores, con la intención de evaluar sus potencialidades como recurso de apoyo para un docente de Física a nivel universitario. Las decisiones tomadas al respecto se apoyaron en la evidencia que reporta la literatura a través de una lectura interpretativa de literatura disponible en medios digitales (revistas digitales, artículos, trabajos de grado, etc.) sobre el uso que se ha dado al recurso en diversas áreas y contextos, y los resultados obtenidos, tomando en consideración en la revisión tres aspectos: funcionalidad, accesibilidad y conectividad.

Tomando como referencia la información que provee el fabricante sobre sus posibles usos como computador y/o sistema de intercambio de información mediante diversos protocolos, se hizo una descripción del grado de integración que ha tenido la RPi en

contextos particulares, como primera parte. En este sentido, la revisión del estado del arte se enfoca en conocer la funcionalidad del equipo en una situación concreta (beneficios y limitantes), y las posibilidades de control y conectividad que permite según su uso. A continuación, se detalla que información se revisó según haya sido utilizado como computador, o según su posibilidad de conectividad con sensores.

- ✓ **Computador.** Se recopila información de sus potencialidades al utilizarse como equipo informático, equivalente a cualquier otro, utilizado por tradición (comúnmente utilizan sistemas operativos pagos, como Windows) que se ofrezca en el mercado por precios superiores. Se describe, en forma general, las posibilidades del equipo como un sustituto de un equipo informático tradicional (computadora de mesa o laptop), ya sea por su uso como gestor de softwares con intencionalidades específicas (procesamiento y análisis de datos, simulación de procesos físicos, etc.) o su capacidad de conexión y/o manipulación remota vía internet (Ethernet o WiFi) o Bluetooth.
- ✓ **Conectividad de sensores.** Se hace una búsqueda en la literatura de las posibilidades de conectividad con sensores, principalmente de bajo costo, haciendo énfasis en las cualidades que debe tener el tipo de señal que es capaz de procesar. De igual manera, se presentan resultados de su aplicación como herramienta en actividades vinculadas a la enseñanza de la Física, la investigación y su aplicación en contextos particulares.

De la información que arrojó la revisión bibliográfica, se hizo una distinción entre aquellos contextos donde su integración se vincula con la *enseñanza* y con la *investigación o aplicación*, evaluando en el proceso la posibilidad de adaptación del recurso. A manera de comparación se organizó la información con la intención de hacer un contraste entre el grado de integración que ha tenido el recurso RPi en países vecinos con problemas socioeconómicos y educativos parecidos a los de Panamá, con lo observado en países con mayor grado de desarrollo industrial y tradición en el uso de tecnologías y recursos (software) de distribución libre, en los dos contextos mencionados líneas arriba.

Fase 2. *Selección de programas e identificación de las potenciales aplicaciones como apoyo al proceso de enseñanza-aprendizaje de la Física.*

Posterior a la adquisición del recurso RPi 4, se realizó una exploración de los dos sistemas operativos (SO) más utilizados para la placa (UBUNTU y RASPBIAN), según lo reportado en la literatura. La exploración está enfocada, en primera instancia, en evaluar la disponibilidad de acceso que se tiene a software de distribución libre que pueda ser adaptado como un recurso de apoyo en el desarrollo de contenidos en áreas particulares de los programas de Física de licenciatura de la Universidad de Panamá.

La información recopilada en la búsqueda anterior conduce como segunda parte a la selección, y consecuente descripción, de algunas de las posibilidades de un conjunto de softwares que se puedan integrar al desarrollo de una secuencia didáctica enfocada en evaluar las potencialidades de un recurso que puede aportar en la intención de subsanar algunas deficiencias detectadas en los distintos actores del sistema de formación universitario, evidenciado por la respuesta ante el escenario educativo que precedió a la COVID-19. De igual manera, se describe las posibles aplicaciones que tiene un grupo particular de softwares de distribución libre en el desarrollo de contenidos teóricos o actividades experimentales, según sea el caso, como una referencia para el docente que está enfocado en replantear el uso de las tecnologías disponibles, de tal manera que las pueda adaptar a su praxis, y reflexionar sobre su uso y la forma en que la Física y la actividad experimental pueden verse beneficiadas por su adopción.

Fase 3. *Desarrollo de una secuencia didáctica enfocada en el estudio de señales como un fenómeno portador de información.*

Las fases anteriores proveyeron un panorama sobre las posibilidades y límites de la RPi 4 como recurso de apoyo, desde la perspectiva docente. Siendo una de las intenciones evaluar el recurso, conociendo previamente sus potencialidades, en esta etapa se desarrolla una secuencia de actividades experimentales alineadas con un enfoque en el que las prácticas de laboratorio, para estudiantes de las Licenciaturas en Física y Docencia de Física, no vean el equipo informático o el software disponible como una caja negra que solo entrega productos acabados.

La estructuración de las actividades se enfoca en ciertos objetivos:

- ✓ Promover las condiciones necesarias para un uso eficiente, adecuado y pertinente del equipo y software en torno a la búsqueda de solución de un problema dentro del campo de estudio de la Física.
- ✓ Desarrollar actividades que se puedan llevar a cabo en modalidades de formación presencial, virtual o mixtas.
- ✓ Identificar dificultades y limitaciones, por parte del docente y del estudiantado, vinculados a la incorporación de equipo informático y software en actividades de laboratorio de Física.
- ✓ Promover el desarrollo de competencias específicas asociadas a la actividad experimental en Física.

La estructura de las actividades de la secuencia didáctica mantienen formatos entre semi-estructurados y abiertos (dependiendo si el enfoque está más orientado al desarrollo de la técnica requerida para el uso de las herramientas o la evaluación de ciertas habilidades del individuo durante el proceso). Cada actividad parte de la presentación de una situación problemática, parte del dominio de estudio de la Física, y se orienta hacia la producción de conocimientos y reflexión de sus resultados, teniendo como punto de cierre un espacio de reflexión donde debe evidenciar los vínculos entre lo que conoce, lo aprendido y su capacidad reflexiva y de extensión del conocimiento. En estas secuencias, guiadas a través de cuestionamientos y procedimientos, se guía al estudiante a poner en evidencia sus modelos mentales y la forma en que percibe el uso de los sistemas informáticos dentro de la actividad experimental en Física, dando espacio al docente para que haga las intervenciones necesarias a fin de promover el desarrollo de competencias.

No se puede continuar sin antes hacer hincapié en que esta secuencia didáctica busca potenciar el desarrollo de competencias científicas y tecnológicas a través de la enseñanza de la Física, estableciendo un vínculo entre los aspectos que describen la naturaleza de esta ciencia experimental y los resultados que derivan de la estructuración de procesos de enseñanza, enfocados en promover la generación de ambientes de aprendizaje favorables para este fin. Esta secuencia se presenta como una propuesta antagónica a las famosas guías de laboratorio que por norma se han utilizado en la formación de Físicos,

donde todo se presenta encasillado de forma tal que toda la actividad de enseñanza que promueven termina siendo un proceso mecánico y muchas veces sin sentido para el aprendiz. Lo anterior justifica el hecho de que el modelo y el diseño de procedimientos para el manejo adecuado de los instrumentos dentro de la actividad es fundamental, tomando mayor prevalencia la calidad del conocimiento y el entendimiento de la actividad y sus implicaciones, que la cantidad.

La intencionalidad didáctica de estas actividades se enfoca en el desarrollo de ciertas competencias relativas a la comprensión de la relación de conocimientos-hechos, modos de proceder, comunicación de resultados y la valoración del trabajo experimental, integrando los principios transversales que guían el desarrollo de ambientes de aprendizaje. En el contexto particular de la propuesta, las actividades están encaminadas a que el estudiante:

- ✓ Identifique la función de los distintos elementos que forman parte de los sistemas informáticos utilizados en la actividad experimental, de forma global, enfocado más a su papel como una herramienta que puede modificar en función de sus necesidades, que al tradicional esquema de caja negra que se encarga de procesar la información sin tomar en cuenta los modelos físicos implícitos.
- ✓ Describa un procedimiento que le permita visualizar en la pantalla del ordenador un registro de datos que demanden la identificación de los elementos relevantes que intervienen en el fenómeno, describir la forma en que funcionan y establecer criterios de comparación.
- ✓ Utilice modelos matemáticos (lenguaje) para comunicar resultados como una forma de abstracción de modelos físicos.
- ✓ Demuestre comprensión profunda de principios y conceptos físicos fundamentales, durante el planteamiento y análisis de una situación problemática, evaluando el proceso y sus soluciones.
- ✓ Compare sus modelos mentales con los modelos científicos, identificando elementos esenciales y sus dominios de validez, de tal manera que sirvan de base en la comprensión de los fenómenos físicos.

- ✓ Utilice diversas formas de representación para explicar conceptos, ideas, procedimientos, procesos y métodos de la Física.

El producto de cada actividad de la secuencia didáctica es evaluado según el modelo CIPP (se comparten la evaluación de una actividad de la secuencia), el cual tiene como finalidad analizar si la información que proveen los programas (en nuestro caso, las actividades de la secuencia) permite lograr el cometido con que fueron creadas, lo que se define a partir de la medida en que el recurso permita obtener la información que se requiere durante la actividad experimental que se diseñó y que permita la promoción de las competencias propuestas. Dicha evaluación sigue el esquema de trabajo propuesto por mostrado por Sanz y Rodgers (Bausela, 2003), con adaptaciones a la situación de estudio que nos corresponde, el estudio de las señales como un fenómeno físico portador de información (figura 2).

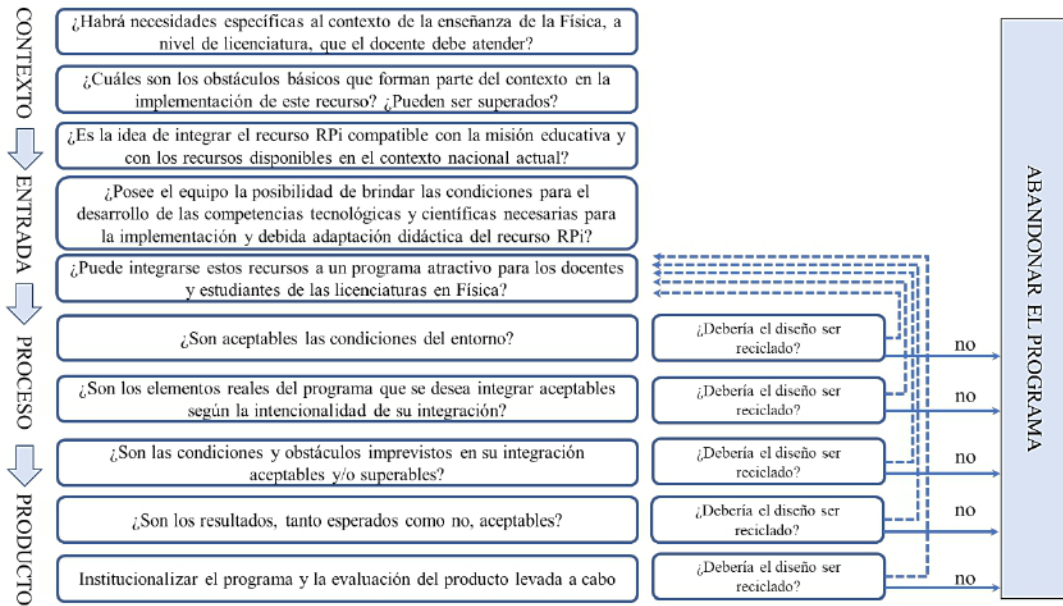


Figura 2. Adaptación del diagrama del desarrollo de un programa y la evaluación CIPP propuesta por Sanz y Rodgers, a la secuencia didáctica.

A manera de cierre

La decisión de establecer esta orientación metodológica al trabajo de investigación que se presenta obedece al carácter que confiere a los sistemas teóricos (modelos Físicos y de la Didáctica) y descriptivos del problema de estudio. La complejidad del proceso

educativo que requiere integrar elementos propios de la disciplina y su enseñanza, un entorno y contexto con marcadas diferencias socioeconómicas entre distintos grupos y en distintos niveles educativos, y modelos de enseñanza más acordes a la sociedad del conocimiento, contribuyo a la toma de esta decisión. Sumado a lo anterior, el panorama educativo tras la COVID-19, que deja en evidencia deficiencias profundas en nuestra capacidad de adaptarnos a entornos que no requieran contacto presencial, promovió la intención de evaluar un recurso alternativo a los utilizados por tradición, que puede ser adaptado a las nuevas tendencias de los sistemas de formación formales a nivel superior enfocados en el desarrollo de competencias en Física.

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En este capítulo se comparte, analizan y discuten los resultados obtenidos en las tres fases que estructuraron el presente trabajo.

Resultados de la fase 1.

La primera fase, orientada a la compra y montaje del equipo, así como los sensores y accesorios necesarios, partió de evaluar los aspectos: funcionalidad, accesibilidad y conectividad. Estos aspectos que se toman como punto de partida van de la mano con una necesidad propia de la población estudiantil promedio que asiste a los cursos en los primeros años universitarios, y del sistema de formación académico como tal, y es la de contar con recursos limitados para la compra de equipos y softwares informáticos que el docente de Física puede integrar a su práctica.

La limitada información, por no decir nula, que se tiene en nuestro país sobre la integración de las TIC en la actividad docente, especialmente en Física, y más sobre la adaptación de un recurso como la RPi como herramienta de apoyo, creo la necesidad de revisar en la literatura de países vecinos de la región (por tomar un contexto con características quizás similares a las nuestras) y de otras latitudes (Europa, África y Asia), sobre situaciones concretas donde se haya integrado este recurso con fines educativos, de aplicación e investigación, haciendo un contraste con los resultados que de ella se derivan, aunque en etapas iniciales por el tiempo que tiene en el mercado esta tecnología.

La información disponible en la literatura sobre el uso de la RPi en distintos contextos es muy amplia, arrojando como resultado decenas de trabajos que incluían artículos, trabajos de grado (tesis), publicaciones en revistas, entre otros, que posteriormente se depuraron para presentar como un grupo representativo del estado del arte, aquellos que demostraran una revisión de una o más de sus potenciales aplicaciones,

una integración real del recurso en un contexto específico y/o una evaluación que pusiera en evidencia sus fortalezas y debilidades. Los artículos y/o trabajos a los que se hará referencia muestran un amplio panorama de las áreas potenciales dentro de las cuáles, la RPi, ha dado muestra de ofrecer beneficios varios, ya sea por su potencial como computador o por sus características de conectividad con sensores y de conexión remota.

Con la intención de mostrar la información recopilada de la forma más ordenada posible, se decidió establecer dos categorías enfocadas en la finalidad del recurso: **Fines educativos** o **Aplicación e investigación**. En este sentido, cada referencia revisada entra en cada categoría, según la orientación del trabajo.

Las tablas 2 y 3 muestran una breve descripción de los trabajos mencionados líneas atrás, el país o afiliación del autor(es) del trabajo y la forma en que se integra el recurso según sea por sus cualidades como computador o por su capacidad de conectividad con sistemas de toma de datos (sensores).

TABLA 2. Integración de la RPi con fines educativos (América).				
País	Título	Descripción breve	Integración del recurso	
			Computador	Conectividad
Colombia	Internet de las cosas y herramientas de software libre. (Álvarez & Santoyo, 2017)	Investigación encaminada a la aplicación de tecnologías emergentes (IoT) en los procesos educativos a través de herramientas de software libre. Realizaron la exploración de recursos disponibles en la red para el uso del IoT, acompañada de la RPi, como base para el diseño de un prototipo de laboratorio para la implementación de actividades didácticas encaminadas a apoyar el aprendizaje en distintas áreas de conocimiento. (Artículo)	✓	✓

	<p>Análisis, diseño e implementación de una plataforma triada integrada por RPi, Arduino y dispositivos móviles con conectividad en red local, para la enseñanza de las ciencias naturales: estudio de caso en Física. (Londoño, 2018)</p>	<p>Diseño e implementación de una plataforma integrada por un sistema de gestión de aprendizaje configurado en una tarjeta RPi (servidor), un módulo de adquisición de datos conformado por una tarjeta Arduino y un elemento de interacción con el usuario mediante un dispositivo móvil. La propuesta está orientada al estudio de los conceptos a través de la experimentación e interacción con aplicaciones tecnológicas. (Tesis de grado)</p>	✓	
Ecuador	<p>Elaboración de un modelo de aprendizaje en la asignatura de programación de enseñanza media con el uso de la tarjeta Raspberry Pi. (López & Pluas, 2019)</p>	<p>Se desarrolla una propuesta enfocada en el aprendizaje de la asignatura de programación para estudiantes de secundaria de un colegio privado de la región, apoyados en el uso de la RPi como computador con sistema Linux y el lenguaje de programación Scratch. La intención es promover el desarrollo de la lógica y pensamiento informático en los estudiantes a través del uso de estas herramientas. (Tesis de grado)</p>	✓	

	<p>Implementación de una aplicación electrónica mediante la tecnología Raspberry Pi para la enseñanza de la inteligencia artificial de la carrera de ingeniería en sistemas computacionales (Cedeño & Alvarado, 2019)</p>	<p>Desarrollan material enfocado para el uso de docentes y estudiantes, basado en la implementación de una aplicación electrónica que trabaja con circuitos digitales aplicando la tecnología RPi. La aplicación elegida integra tecnologías de programación y electrónica. (Artículo)</p>	✓	
Brasil	<p>Modelling in physics teaching via stop motion production with the Raspberry Pi compute. (Vassoler, 2019)</p>	<p>Desarrollan un sistema para la producción de animaciones cuadro a cuadro como herramienta didáctica para profesores de Física. El sistema se construyó con una RPi como computadora y una interfaz que permite la manipulación y visualización de los resultados modelados. (Artículo)</p>	✓	✓
	<p>Raspberry Pi com geogebra: Possível recurso para a educação matemática.</p>	<p>Presentan los resultados iniciales de un proyecto enfocado a la integración de la RPi, enfocados en envolver a estudiantes graduandos, graduados y profesores con el uso de la herramienta en ciertas actividades simples que promueven el desarrollo de</p>	✓	

	(Almeida & Madsen, 2019)	habilidades que involucran el razonamiento matemático. (Artículo)		
Argentina	Proyecto de laboratorios remotos para la enseñanza de la Física. (Joselevich, y otros, 2019)	Desarrollan un proyecto de diseño e implementación de espacios físicos reales, laboratorios remotos, que contienen dispositivos experimentales a los que los estudiantes pueden acceder a través de internet. La Rpi se utilizó como servidor multimedia para el acceso a las imágenes y la configuración de las opciones de encendido y configuración del laboratorio remoto. (Artículo)	✓	

TABLA 3. Integración de la RPi con fines educativos (Europa, África y Asia).

País	Título	Descripción breve	Integración del recurso	
			Computador	Conectividad
España	Diseño, desarrollo y explotación de una solución basada en SBC (Raspberry Pi) para la sustitución instrumental de los laboratorios	Analizan las necesidades de los laboratorios de Física de la facultad de una universidad y diseñan una solución de software basada en RPi, siendo el problema central de la propuesta la conocida obsolescencia y extinción del instrumental con licencias de naturaleza paga con que se cuenta, además del problema de recurso económico para actualización de material con fines experimentales. (Proyecto de fin de grado)	✓	✓

de Física de la Facultad de Ciencias. (Muñoz, 2014)			
Open-source sensors system for doing simple physics experiments. (Llamas, Vegas, González, & González, 2018)	Desarrollan una plataforma que permite el desarrollo de experimentos de una manera simple y ordenada, combinando las medidas de distintos sensores, para ser utilizados en laboratorios de secundaria y universidades. Los sensores utilizados son controlados mediante una placa Arduino conectada mediante bluetooth con una RPi para su debida representación y tratamiento de datos. (Artículo)	✓	✓
Mejorando una práctica del laboratorio docente de Física mediante el uso de Arduino y de sensores de bajo coste. (Dominguez, y otros, 2019)	Proponen un sistema de bajo coste para estudiar el movimiento acelerado de un objeto sobre un plano inclinado, el que integra sensores de ultrasonido, una placa Arduino y una Rpi para captar y procesar la información obtenida. Se enfatiza en su capacidad de ser replicado y aplicado en otros contextos similares, favoreciendo la comprensión de los conceptos de Física y el interés por la programación científica.	✓	✓

Argelia	<p>Full Impedance Cardiography measurement device using Raspberry PI3 and System-on-Chip biomedical Instrumentation Solutions. (Hafid, y otros, 2018)</p>	<p>Se presenta un Sistema de medición basado en un SoC (sistema en un chip) y una RPi, que integran un sistema de grabación cardiaco y un cardiógrafo de impedancia, con propósitos educativos y de investigación. Este trabajo es parte del desarrollo de una plataforma de Open Hardware enfocada al rápido desarrollo de instrumentación de medidas fisiológicas.</p>	✓	✓
Indonesia	<p>Numerical Method and Laboratory Experiment of RC Circuit using Raspberry Pi Microprocessor and Python Interface. (Mada, Anggraeni, Sambas, & Denya, 2018)</p>	<p>Investigan la simulación numérica correspondiente a los modelos matemáticos de los procesos de carga y descarga de un condensador, al mismo tiempo que desarrollan los sistemas experimentales de circuitos RC utilizando una RPi e interfaces, manejado mediante códigos en lenguaje Python. Se probó la plataforma RPi como un posible recurso con aplicaciones en laboratorios de instrumentación de Física y otros campos. (Artículo)</p>	✓	✓

Alemania	<p>Implementing a Raspberry Pi based Digital Measurement System in Undergraduate Physics Education. (Wong, Quast, & Braig, 2020)</p>	<p>Describen un grupo de estrategias de aprendizaje activo basado en la implementación de la RPi en actividades de laboratorio. Se trabaja sobre un software de código abierto que consiste en clases programadas en Python, que, en conjunto con la RPi y un conjunto de sensores, permiten visualizar, en forma de datos y gráficos, información obtenida en tiempo real. Al mismo tiempo, cuenta con un paquete de métodos de análisis numéricos para el tratamiento de datos. (Artículo)</p>	✓	✓
Italia	<p>Experiments and data analysis on one-dimensional motion with Raspberry Pi and Python. (Mandanici & Mandaglio, 2020)</p>	<p>Proponen un proyecto para estudio de un movimiento unidimensional, integrando Física y Ciencias de la computación. Utilizan un sistema de sensores ultrasónicos para obtener información del movimiento, y una RPi con su respectivo código Python para procesar la información obtenida y así obtener información de parámetros cinemáticos con sus correspondientes representaciones gráficas. (Artículo)</p>	✓	✓
	<p>Studying Physics, getting to know Python: RC circuit, simple experiments, coding and data</p>	<p>Proponen un Proyecto que integra las áreas de Física y Ciencias computacionales explotando RPi y Python. Describen una serie de actividades sobre un circuito RC, donde los códigos Python permiten controlar el circuito (alimentación y medición de voltaje). De igual manera, evalúan módulos de Python útiles en dichas actividades y</p>	✓	✓

	analysis with Raspberry Pi. (Mandanici, Alessandro, Fiumara, & Mandaglio, 2020)	rescatan de esto su fácil uso y eficiencia según el objetivo perseguido en la actividad.		
Reino Unido	Optimization and Design of an absorbance Spectrometer Controlled Using a Raspberry Pi To Improve Analytical Skills. (Robin, Paget, Atkins, & Edel, 2016)	Se presentan los resultados de un curso de laboratorio en el que los estudiantes fueron conducidos a la construcción de sus propios espectrómetros absorbancia, enfocado en explorar sus capacidades instrumentales al mismo tiempo que utilizaban el lenguaje Python para graficar datos, realizar ajustes de datos y cálculos de error.	✓	✓
	Special relativity in the school laboratory: a simple apparatus for cosmic-ray muon detection. (Singh & Hedgeland, 2015)	Utilizaron sistema compuesto por sensores Geiger-Müller, una RPi y otros dispositivos electrónicos para ilustrar como afecta a los rayos cósmicos de muones la dilatación relativista del tiempo, durante su viaje de la atmósfera a la superficie de la Tierra. La intención es dual: acompañar el tópico de relatividad especial y promover la curiosidad investigativa en los estudiantes.	✓	✓

	<p>Improving student's skills in Physics and Computer Science using BBC Micro:bit. (Teiermayer, 2019)</p>	<p>Presentan algunos resultados de la posible integración del dispositivo BBC Micro:bit en cursos de Física y actividades relacionadas. Los resultados muestran que el lenguaje de programación de este dispositivo, mediado por la RPi, permite a los docentes introducir a los estudiantes menos experimentados en programación, al mundo de la computación en Física.</p>	<p>✓</p>	
--	-----------------------------------------------------------------------------------------------------------	------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	----------	--

Este resumen hace referencia a esfuerzos que se han llevado a cabo con la intención de integrar la RPi como recurso con fines educativos. Una revisión de la información recopilada muestra un panorama distinto en cada región. Países vecinos de la región, con condiciones parecidas a las nuestras como Colombia, Ecuador, Argentina, Cuba y Brasil, reportan resultados de pruebas donde se utiliza la RPi, mayormente, como un computador que permite su uso para introducir a estudiantes al lenguaje de programación, por ejemplo Scratch (López & Pluas, 2019), para el uso de ciertos programas libres disponibles en la red (Almeida & Madsen, 2019) (Cedeño & Alvarado, 2019), donde destacan un rendimiento del equipo equivalente al de un computador convencional, y como gestor de cursos en plataformas de aprendizaje o servidor (Londoño, 2018). Por su conectividad con otros equipos y dispositivos ha sido propuesto para comunicar información procedente de una serie de sensores controlados por una RPi con un computador que procesa la información obtenida a través de una conexión de red (Álvarez & Santoyo, 2017), sin reportar resultados concretos; como parte de diseños experimentales que aprovechan del recurso su posibilidad como computador y transductor de la información proveniente de sensores en actividades puntuales (Vassoler, 2019); y como parte de un sistema dirigido a la manipulación de actividades que se puede desarrollar en laboratorios remotos, aunque en etapa de pruebas, (Joselevich, y otros, 2019).

Por el contrario, en países fuera de la región, y con mayor tradición en el uso y adaptación de recursos digitales con fines educativos, como por ejemplo España, Italia,

Reino Unido, entre otros, la integración ha alcanzado niveles más altos, viendo en algunos casos la posibilidad de sustituir equipamiento de laboratorio que se utiliza por tradición (equipos y software pago) por problemas vinculados con la caducidad del equipo y el pago necesario de onerosas licencias cada cierto tiempo, siendo la RPi y los softwares libres una alternativa que requiere una menor inversión por licencias y actualización, y ofrece prestaciones, equivalentes, a lo que se oferta en el mercado de equipo de laboratorio (Muñoz, 2014); han desarrollado plataformas con actividades que integran su uso como computador, así como su conectividad a sensores mediados por placas Arduino para la conversión de señales (Llamas, Vegas, González, & González, 2018); ensayos donde integran la simulación en fenómenos físicos, para trabajar de manera simultánea con datos obtenidos experimentalmente, haciendo un contraste entre modelo y experiencia (Mada, Anggraeni, Sambas, & Denya, 2018). La integración de la RPi ha mostrado evidencia de ser útil al estudiar fenómenos clásicos que se trabajan en los cursos experimentales de Física (Domínguez, y otros, 2019) (Wong, Quast, & Braig, 2020) (Mandanici & Mandaglio, ResearchGate, 2020) (Mandanici, Alessandro, Fiumara, & Mandaglio, 2020) hasta tópicos de la Física moderna (Singh & Hedgeland, 2015), dando espacio a que los estudiantes puedan trabajar en el desarrollo de competencias experimentales propias de la disciplina, sumando a estas, competencias informáticas (Teiermayer, 2019), en distintos niveles de formación, y con capacidad de extensión a otros campos del saber (Robin, Paget, Atkins, & Edel, 2016).

La evidencia a la que apunta la literatura consultada en cuanto a la integración de la RPi como recurso a disposición del docente, muestra una incipiente adaptación y desarrollo en los países de nuestra región, en comparación con lo reportado en países que cuentan con una estructura educativa donde la educación, en sus diversos niveles, juega un papel primordial en el desarrollo de la Sociedad. Esta disparidad en los alcances que se perciben en la integración de este tipo de recursos hace pensar en la urgencia de introducir cambios en el sistema educativo, con miras de estructurar la enseñanza de manera congruente con las necesidades socioeconómicas del país.

La información disponible sobre la integración de la RPi también apunta a otro sector de intereses, cuya finalidad es dar respuesta a problemas particulares de tipo

tecnológico con aplicación inmediata, mostrando en alguna aplicación en el campo de la investigación. La información en este sector es mucho más amplia que el anterior, ya que existe una comunidad de usuarios con cierta tradición (makers) y fascinación hacia el desarrollo de nuevas tecnologías. Las tablas 4 y 5 muestran una breve descripción algunos trabajos que se adelantan en esta línea, y que pueden dar idea de los niveles de alcance del recurso si son integrados por el docente de Física.

TABLA 4. Integración de la RPi con fines de aplicación e investigación (América).				
País	Título	Descripción breve	Integración del recurso	
			Computador	Conectividad
Cuba	Alternativa Open Source en la implementación de un sistema IoT para la medición de la calidad del aire. (Ochoa, Cangrejo, & Delgado, 2018)	Describen el desarrollo de un prototipo de sistema de medición de parámetros atmosféricos, vinculados con la calidad del aire, basado en tres módulos (códigos de programación) que ejecutan aplicaciones web directamente en la RPi. (Artículo)	✓	✓

México	Development of a portable, reliable and low-cost electrical impedance tomography system using an embedded system. (Zamora-Arellano, y otros, 2020)	Desarrollan un Sistema de tomografía de impedancia eléctrica de bajo costo para la reconstrucción de imágenes. Caracterizan el sistema con materiales, simulando su aplicación en la industria alimentaria; al mismo tiempo contrastan lo obtenido con este sistema y uno tradicional, evaluando la razón costo beneficio en cuanto a aspectos como precisión, exactitud, consumo energético, precio, tamaño, portabilidad y rentabilidad. (Artículo)	✓	✓
Colombia	Diseño de un sistema de adquisición y visualización de datos basado en la plataforma de sistemas embebidos Raspberry Pi. (Lima & Ospina, 2018)	Describen el desarrollo de un sistema para generar aplicaciones con interfaz gráfica de usuarios para adquisición de datos en tiempo real de temperatura y humedad, para su procesamiento y posterior almacenamiento en una nube de datos, mediante una tarjeta RPi. (Tesis de grado)	✓	✓
	Diseño y desarrollo de un sistema de medición y monitoreo remoto enfocado al uso doméstico. (Martínez, 2015)	Diseño y desarrollo de un sistema de monitoreo remoto, en tiempo real, de temperatura, humedad, intensidad lumínica, consumo de energía eléctrica, entre otras variables con posibilidades de uso doméstico y empresarial, mediante el uso de una RPi y el IoT. Establecen una	✓	✓

		comparativa entre el sistema propuesto y equivalentes comerciales.		
Ecuador	Prototipo de monitoreo de temperatura de infantes menores de dos años basado en Raspberry Pi. (Tomalá, 2019)	Diseñan un prototipo de monitoreo de temperatura, mostrando márgenes de error no superior al 5%, en comparación con lo registrado por un termómetro convencional. Los datos obtenidos de la lectura con el sensor son transmitidos a través de una plataforma y enviados a través de internet a la RPi, permitiendo enviar notificaciones de mensajería a los usuarios.	✓	✓
México y España	Sistema opto-electrónico para la adquisición de espectros ópticos en la región visible mediante el uso de una Raspberry Pi. (Sandoval, y otros, 2018)	Diseñan y desarrollan, partiendo de un diseño anterior, un espectrómetro como alternativa a los de uso comercial, con interfaz gráfica de código libre usando una Rpi3, enfatizando en la portabilidad del producto final y los bajos márgenes de error con respecto a lo obtenido mediante equipos convencionales. (Artículo)	✓	✓
Estados Unidos	Physical modeling sound synthesis using embedded computers: More masses for the masses. (Berdahl & Blessing, 2016)	Describen una posible aplicación de la RPi como alternativa para sintetizar sonidos de alta calidad, utilizando computación de punto flotante, en tiempo real. Esto promete un sistema de síntesis de sonidos que mediante simulación física puede ser accesible a muchas personas para diversas aplicaciones.	✓	

TABLA 5. Integración de la RPi con fines de aplicación e investigación (Europa y Asia).				
País	Título	Descripción breve	Integración del recurso	
			Computador	Conectividad
España	Integración de redes telemáticas: IoT con Raspberry Pi. (García, 2019)	Analizan diversas plataformas web donde se pueden subir registros de datos de sensores, mediante el uso de la RPi, con posibilidades de realizar análisis estadísticos e interactuar con estos datos en otros sistemas externos.	✓	
Indonesia	Development of seismic acquisition instrumentation system-based MEMS accelerometer using SPI communication with Raspberry Pi. (Arrosyid, Wijaya, & Supriyanto, 2020)	Proponen y desarrollan un sistema basado en tecnología MEMS como un reemplazo de los geófonos convencionales. La RPi, en conjunto con un módulo extensor, permite integrar más geófonos tipo MEMS a la placa, para luego servir de sistema de transmisión de información a un computador principal. (Artículo)		✓

Suiza	<p>Open-source standalone relative humidity controller for laboratory applications. (Gaponenko, Muller, Musy, & Paruch, 2019)</p>	<p>Presentan el desarrollo de un hardware de código libre y el diseño de un software de un controlador autónomo de humedad relativa de alta precisión, con versátiles y potenciales aplicaciones comprobadas a través de ensayos. La RPi, con su correspondiente código Python permiten controlar los parámetros de los sensores de adquisición, regular los flujos de aire, entre otros aspectos. (Artículo)</p>	✓	✓
Reino Unido	<p>The Raspberry Pi auto-aligner: machine learning for automated alignment of laser beams. (Renju, Pizzey, Hughes, & O'Donnell, 2021)</p>	<p>Presentan una propuesta de sistema de alineamiento de haces de luz laser optimizado, mediante el uso de una RPi, motores paso-paso y dispositivos opto-mecánicos y electrónicos, utilizado en la mejora del alineamiento de hacer láser en fibras ópticas “single-mode”.</p>	✓	✓
Alemania	<p>Active position stabilization of an atomic cloud in a narrow-line magneto-optical trap using a Raspberry Pi. (Sillus, Franzen, Pollklesener, & Görlitz, 2021)</p>	<p>Reportan un método que desarrollaron para estabilizar de forma activa una nube atómica mediante una trampa magneto-óptica. La detección por la trampa se da a través de una cámara “Pi”, y la información que genera provee una señal que realimenta la frecuencia del láser de la trampa.</p>	✓	✓

Italia	A versatile and compact surface plasmon resonance spectrometer based on single board computer. (Vestri, Margheri, Landini, Meacci, & Tiribilli, 2020)	Muestran la implementación de un equipo compacto de resonancia de plasmones superficiales con alta precisión. El equipo integra una RPi, un módulo de cámara y el código Python para el procesamiento de datos.	✓	✓
--------	-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	---	---

Partiendo de observaciones similares a las planteadas anteriormente, en nuestra región, las aplicaciones donde tiene cabida el recurso apuntan en su mayoría a sistemas de monitoreo (condiciones climáticas, entre otras), como alternativa de bajo costo a los sistemas convencionales (Ochoa, Cangrejo, & Delgado, 2018) (Lima & Ospina, 2018) (Martínez, 2015) (Tomalá, 2019). Otros han realizado esfuerzos en desarrollar equipo de caracterización óptica con márgenes de error aceptables, en comparación con lo que pueden registrar equipos sofisticados y de un valor comercial mayor (Sandoval, y otros, 2018), hasta alternativas de equipos portátiles con aplicación en el diagnóstico médico, destacando que las versiones más recientes de la placa RPi ofrecen prestaciones equivalentes a los equipos utilizados convencionalmente (Zamora-Arellano, y otros, 2021).

Fuera de nuestra región, reportan formas de aprovechar la posibilidad de conexión remota de la Rpi para capturar datos provenientes de sensores, poder acceder a ellos desde sistemas externos y hacer análisis estadísticos (García, 2019); se ha propuesto sistemas que integran sensores MEMS y placas RPi, como medio de control y comunicación, a manera de reemplazar sistemas convencionales de geófonos, logrando reducir los espacios requeridos por los equipos, costo y consumos de energía (Arrosyid, Wijaya, & Supriyanto, 2020). En el campo de investigación de alto nivel la RPi también ha tenido buena acogida, siendo utilizada como parte de un sistema de control de humedad en arreglos experimentales que requieren condiciones controladas (Gaponenko, Muller, Musy, & Paruch, 2019), en el alineamiento automatizado de sistemas opto-mecánicos (Renju, Pizzey, Hughes, & O'Donnell, 2021), para regular la actividad de los parámetros de control

en una trampa magneto óptica de una nube de átomos, tomando de base la información que recibe una cámara de video compatible con la placa (Sillus, Franzen, Pollklesener, & Görlitz, 2021), y como parte de un sistema compacto de espectrometría de resonancia de plasmones de alta precisión (Vestri, Margheri, Landini, Meacci, & Tiribilli, 2020).

Dejando de lado las posibles diferencias que pueda existir entre una región u otra, en cuanto al grado de integración y desarrollo de esta tecnología en distintos contextos, el recurso RPi muestra una gran versatilidad, siendo el común denominador el hecho de que la creatividad, y el conocimiento de sus posibilidades, permiten una integración con grandes beneficios. Las evidencias que se reportan en la literatura muestran elementos que pueden ser rescatados e integrados al quehacer del docente de Física, pudiendo concebirse como una posible respuesta a la necesidad de superar las carencias que se hicieron más evidentes al tener que hacer frente al proceso educativo en modalidad no presencial tras la COVID-19, tomando en cuenta las condiciones socioeconómicas en que vive la mayor parte de nuestra población estudiantil, reflejadas en los reportes de la UNESCO, y la poca inversión que realizan (o son capaces de invertir) las instituciones educativas como parte de un proceso de modernización y actualización de un sistema educativo que se aleja cada vez más del desarrollo de las competencias necesarias de un individuo que requiere integrarse a la Sociedad de la información.

Resultados de la Fase 2.

La segunda fase del trabajo estaba orientada, en primera instancia, a realizar una exploración de los sistemas operativos (SO) que mayormente se utilizan debido a su compatibilidad con la placa RPi (Raspbian y Ubuntu), y de aquellos softwares a los que se puede tener acceso en cada uno. Los softwares a los que se hace referencia corresponden con una búsqueda de los “equivalentes”, de tipo software libre o de código abierto, a los que por tradición se utilizan como apoyo en cursos básicos de Física y otros que han tenido buena aceptación en la comunidad de usuarios debido a sus prestaciones. En este sentido, se presenta un listado de programas que en la literatura se reportan como potenciales apoyos en cursos teóricos y experimentales, haciendo una breve descripción de estos y dando ejemplos de casos puntuales en los que podría utilizarse. A manera de complemento,

en esta sección se comparte un manual básico de instalación de ambos SO, lo cual permitirá a cualquier usuario trabajar en uno u otro, en función de que decida utilizar el trabajo que proponemos y ampliar su desarrollo, o explorar estos SO por alguna preferencia o afinidad en particular (Anexo 3).

La integración de las TIC como recurso en la estructuración de un curso regular de Física, debe partir de pensar en las prácticas de apropiación que formarán parte del proceso y de las estrategias que permitan el cumplimiento de los objetivos planteados, de tal manera que el individuo otorgue el significado debido a las actuales tecnologías, y en particular al computador como herramienta. La incorporación de estas herramientas informáticas (computador) no implica que se esté dando una transferencia de tecnología, sino que se está dando una adaptación del recurso, en nuestro caso la RPi, a las condiciones del contexto de trabajo. En este sentido, se pretende que tanto el docente como el estudiante conozcan el recurso, hagan un uso creativo de este y creen conciencia de que el alcance que tiene depende totalmente del usuario, tal como lo ha mostrado la revisión bibliográfica en la primera fase.

Una idea de los posibles softwares disponibles para GNU/Linux ARM, como arquitectura base de la RPi 4, se puede tener al explorar dentro las diversas comunidades de desarrolladores de software libre (Free Software) y de código abierto (Open Source Software). El catálogo de aplicaciones disponibles de distribución libre es extenso, siendo algunas versiones de prueba (versiones beta) hasta desarrollos con actualizaciones que han dado como resultado productos ampliamente utilizados por la comunidad de usuarios como, por ejemplo, el conocido *Open Office*. Dentro de este grupo de softwares, no todos son compatibles con la arquitectura de la placa RPi, por lo que un primer problema fue identificar, dentro de aquellos que podrían ser utilizados como apoyo al docente, cuáles se pueden instalar en este dispositivo. Por otro lado, la no existencia de una clasificación de aplicaciones por área de conocimiento, por dar un ejemplo, Física, requirió que se reorientara la búsqueda inicial, acotándola a un área específica, *Electricidad*, tomando en consideración, cómo podrían utilizarse aquellos softwares en un curso de Física a nivel de Licenciatura.

Una revisión de distintos sitios web y foros de desarrolladores de material de distribución libre, generó un primer listado de softwares con suficiente robustez en su desarrollo para ser recomendados como apoyo en Electricidad y Electrónica, dentro de los que destacan: KiCad, Simulide, Fritzing y Qucs. Estos softwares forman parte de una gama multiplataforma, utilizados mayormente en simulación y diseño de circuitos, en el diseño de placas PCB y/o en programación, todos bajo licencias de código abierto o de software libre. De igual forma, se buscó dentro de la literatura programas enfocados al tratamiento estadístico de datos, modelado matemático, etc., equivalentes a los que se utilizan por tradición en la actividad experimental en Física como Sigmaplot y Origin, arrojando como único resultado el programa Qtiplot.

Partiendo de estas referencias se procedió a explorar la accesibilidad a estos programas desde ambos SO, además de otras posibilidades relacionadas con su funcionalidad como computador.

Exploración del Sistema Operativo Ubuntu

Para conocer las prestaciones del SO Ubuntu en la placa RPi4, se partió de su instalación en una unidad microSD. Los detalles de cómo cargar e instalar el SO para poder utilizarlo en este dispositivo se comparten en el Anexo 3.

Al cargar el SO en la placa RPi, una de las primeras observaciones son la rapidez con la que enciende, además de lo amigable y llamativo del entorno de trabajo del usuario (figura 3). Por defecto viene con un paquete de programas útil para usuarios que buscan en el recurso un uso como computador ya que cuenta con programas para navegar por internet, mensajería de correo, programas de edición de datos, reproducción de audio y video, entre otros. Una prueba de estas aplicaciones no deja nada que desear si se le compara como un computador convencional con prestaciones entre básicas y medias.

Este SO cuenta dentro de sus recursos con un buscador de programas (edgexfoundry) que permite hacer una búsqueda personalizada o por categoría de las aplicaciones disponibles con compatibilidad para la RPi (figura 4). Antes de realizar una búsqueda de los softwares mencionados anteriormente, se revisó las sugerencias del buscador, lo que arrojó un grupo representativo de las aplicaciones con mayor valoración

en el área, dentro de las que no estaba disponible alguno de los sugeridos según la búsqueda de la literatura. Al realizar la búsqueda por programa, se pudo encontrar entre las opciones de instalar, dos del listado, KiCad y Fritzing.



Figura 3. Captura del escritorio del SO Ubuntu para la RPi 4.

La versión de Ubuntu instalada es la versión más reciente de escritorio (Ubuntu 21.04) y es compatible con diversas plataformas, siendo las de arquitecturas de 32-bit (x86) y 64-bit (x86 64) las soportadas oficialmente, mientras en sus últimas versiones es que se ofrece para la arquitectura ARM (Wikipedia (d), 2021).

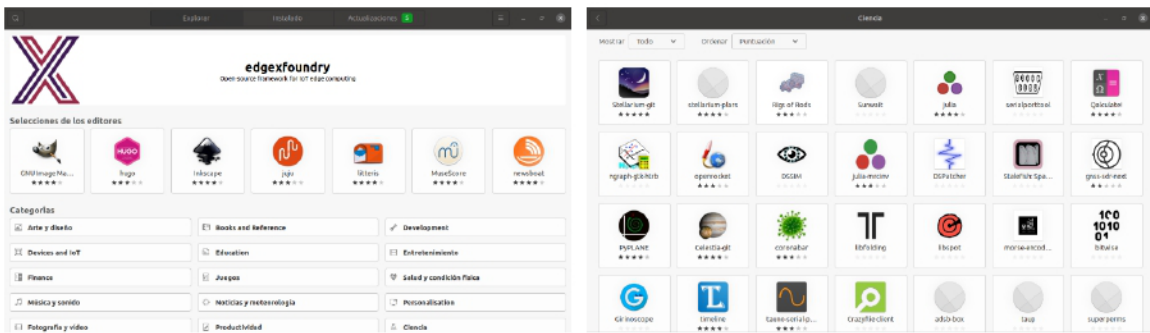


Figura 4. Captura del buscador de software para Ubuntu (izquierda) y las recomendaciones en la categoría “Ciencia” (derecha).

Ubuntu cuenta con un amplio respaldo de la comunidad de desarrolladores en cuanto al lanzamiento de aplicaciones y demás para las arquitecturas x86 de 32 y 64 bit, mas no así en ARM. Este comportamiento puede estar vinculado con el poco acceso que se tiene a un amplio abanico de software que pueda ser adaptado para los cursos de Física, lo que puede tomar cierto tiempo, según la demanda que muestren los usuarios de Ubuntu

en RPi. Fuera de esta limitante, las aplicaciones a las que se puede acceder corren como en cualquier computador convencional, brindando los mismos beneficios como recurso de apoyo.

Exploración del Sistema Operativo Raspbian

De forma similar, la exploración del SO Raspbian, desarrollado por la Raspberry Pi Foundation, específicamente para la placa RPi, partió de la instalación del SO en la microSD. Un manual breve de cómo cargar el SO Raspbian se comparte en la sección de anexos (Anexo 3).

Al correr Raspbian por primera en la RPi vez se despliega una pantalla de inicio como la mostrada en la figura 5. El entorno de trabajo cuenta con elementos similares a los de cualquier SO, con un botón de inicio (identificado con el ícono de RPi) donde puede acceder a los distintos softwares y opciones de configuración que ofrece el sistema. Al ingresar al menú de inicio, se despliega una lista donde puede visualizar las aplicaciones que vienen por defecto en la instalación de Raspbian, organizadas por categorías (Programación, Oficina, Internet, Electrónica, etc.), entre otras opciones del sistema.



Figura 5. Captura del escritorio del SO Raspbian para la RPi 4.

Al explorar las posibilidades de Raspbian como SO, se puede comprobar que ofrece prestaciones parecidas a las de la mayoría de los equipos informáticos con prestaciones entre bajas y medias: editores de texto, mensajería electrónica, buscador web, opción de conexión remota (WiFi y Bluetooth), entre otras. La experiencia de utilizar los programas instalados por defecto no le da al usuario la sensación de estar utilizando un equipo con

prestaciones de bajo rendimiento por el precio al que se ofrece, más bien sorprende su buen comportamiento bajo un uso de dos o más aplicaciones de forma simultánea.

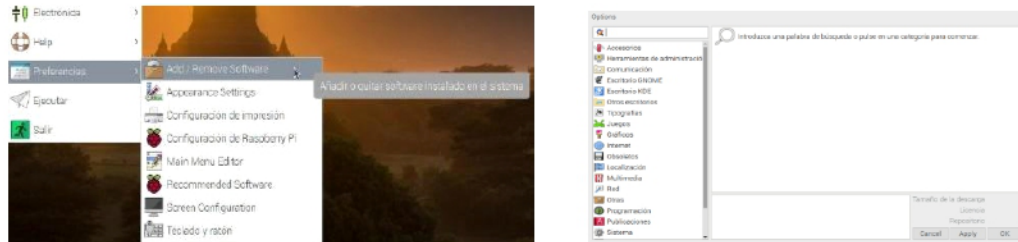


Figura 6. Captura de la ubicación del buscador de aplicaciones en Raspbian (izquierda) y las opciones de búsqueda (derecha).

Como segunda parte de la exploración de Raspbian se realizó la búsqueda de los softwares mencionados párrafos atrás. Al acceder a la base de softwares disponibles para Raspbian se desplegó una lista de programas por categoría, lo que permitía ver todos los paquetes disponibles (figura 6). Por cuestiones de simplicidad se realizó la búsqueda individualmente, lo que arrojó como resultados acceso a KiCad, SimulIDE, Fritzing y Qtiplot. A diferencia de Ubuntu, la búsqueda de cada uno de estos programas daba acceso a paquetes complementario de algunos de estos programas, ampliando las posibilidades a través de su instalación.

Otro aspecto para resaltar en cuanto al software disponible en Raspbian es la cantidad de desarrollos (software y simuladores) y áreas de aplicación que tienen en Ciencias Naturales y Exactas. Un listado detallado de los softwares disponibles para Raspbian, junto con una breve descripción de estos, lo comparten los administradores de la página Raspberry Connect en la dirección <https://www.raspberrypi.com/package-list/>.

Al descargar las aplicaciones recomendadas por la comunidad de usuarios y explorar de manera superficial sus prestaciones, la sensación de uso no deja disconformidad en cuanto a cómo responde según lo esperado. Por otra parte, su uso como computador permite conectividad remota mediante los protocolos Bluetooth y Ethernet, además de conexión con otros dispositivos mediante protocolos como I²C, PWM, entre otros.

Lo observado durante la exploración de las prestaciones de la RPi mediadas por cada uno de los SO mencionados, no puede hacer una distinción entre uno y otro al

utilizarse como computador, en el sentido de que cualquier usuario que tenga acceso a los programas que requiere, puede utilizar un SO u otro de forma indistinta, ya que ambos cuentan con una interfaz amigable y de fácil interacción. Por el contrario, si se evalúa el acceso que se tiene a software especializado con actualizaciones periódicas, simuladores de fenómenos y respaldo de una comunidad de usuarios y desarrolladores que comparte material de trabajo con intenciones de apoyar al crecimiento de la comunidad aficionada por la tecnología y las Ciencias, Raspbian cuenta con ventajas ampliamente marcadas. Estos aspectos, entre otros, motivaron la elección del SO Raspbian para dar continuidad al proceso de evaluación de la RPi como recurso de apoyo.

Softwares disponibles en Raspbian

Como parte de la revisión de algunos de los programas que pueden ser utilizados por un docente de Física en un curso de Electricidad o introducción a la Electrónica, tanto en teoría como en la parte experimental, mostramos una breve descripción de los softwares mencionados anteriormente: KiCad, SimulIDE, Fritzing y Qtiplot. A manera de complemento a esta descripción, compartiremos al final de esta parte un listado de otros softwares y simuladores disponibles en la base datos de Raspbian que también pueden ser de interés para el docente de Física, algunos de los cuales forman parte de las actividades de la secuencia didáctica propuesta.

KiCad

Según sus desarrolladores, KiCad (figura 7) es un programa de código abierto útil para la automatización de diseño electrónico (KiCad, 2021). El software permite trabajar sobre capturas de circuitos esquemáticos para circuitos eléctricos, permitiendo salidas de diseño de placas PCB. Dentro del paquete de opciones, permite instalar un complemento llamado Eeschema (figura 7), el cual cuenta con una base de datos de dispositivos con sus correspondientes datos técnicos cargados, además de permitir la creación de símbolos personalizados. Los símbolos esquemáticos de su base de datos están configurados a un conjunto de huellas, de tal manera que puedan ser utilizados para hacer una reproducción de una PCB con dimensiones realistas de elementos como resistencia, condensadores, inductores, etc., y permite ver una representación 3D del producto (figura 8). Al mismo

tiempo, le informa al usuario si durante la elaboración de su circuito electrónico hay problemas de conexión, entre otras cosas, lo que permite al usuario hacer una revisión de sus conexiones antes de finalizar un proyecto.

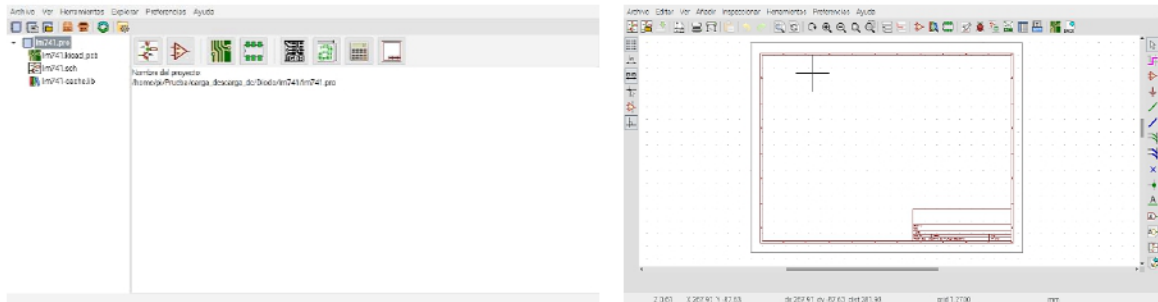


Figura 7. Captura de las pantallas principales de KiCad (izquierda) y uno de sus complementos, Eeschema (derecha).

Otra de las utilidades de este programa es la posibilidad de realizar simulaciones con el circuito esquemático de trabajo, a través de una herramienta denominada **Simulador Spice**. En este sentido, se puede observar el comportamiento de diversos parámetros eléctricos en el tiempo, lo que permite hacer ajustes de los distintos componentes hasta obtener un resultado deseado, o simplemente conocer el comportamiento de un arreglo de elementos bajo ciertas condiciones.

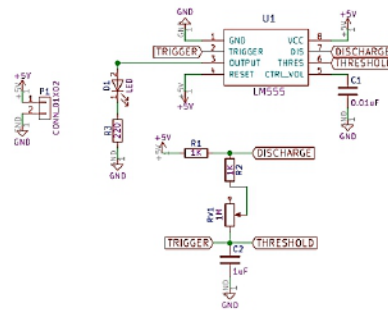
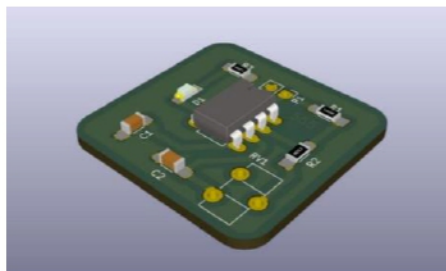


Figura 8. Ejemplo de proyecto de PCB con KiCad. (Disponible en: <https://ezcontents.org/designing-pcb-kicad>)

Este programa, al tener la posibilidad de realizar simulaciones del comportamiento de las señales de voltaje o corriente para distintos circuitos, además de permitir al usuario la construcción de placas PCB, poniendo en juego diversas habilidades del individuo, se puede integrar en cursos como: Construcción y mantenimiento de equipos de laboratorio,

Física Experimental y Simulación de procesos físicos, de la Licenciatura en Docencia de Física; Instrumentación y circuitos, Técnicas experimentales, Física Experimental y Electrónica, de la Licenciatura en Física.

SimulIDE

SimulIDE es un simulador de circuitos electrónicos en tiempo real (figura 9), siendo algunas de sus características distintivas el carácter intuitivo de su uso ya que es simple, lo que lo hace ideal para aficionados y estudiantes interesados en experimentar con circuitos electrónicos simples y microcontroladores (SimulIDE, 2021).

Cuenta con una base de dispositivos electrónicos, activos y pasivos, de características ideales, que permiten al usuario estudiar el comportamiento de distintos arreglos, enfatizando más en una respuesta rápida en la simulación que en la precisión de sus medidas, lo que, en la etapa de aprendizaje y exploración del usuario, es de gran valor. Sumado a esto permite hacer simulaciones con microcontroladores ampliamente utilizados en dispositivos inteligentes (celulares, tabletas, entre otros) como son las PIC y AVR, además de placas controladoras de la marca Arduino.

En el caso de la simulación con placas Arduino, por dar un ejemplo, permite cargar los códigos tal como se haría en la realidad, y observar en el programa el comportamiento de un motor u otro dispositivo, en tiempo real, que se desee manipular con una finalidad específica sin la necesidad de realizar la conexión de elementos físicos reales.

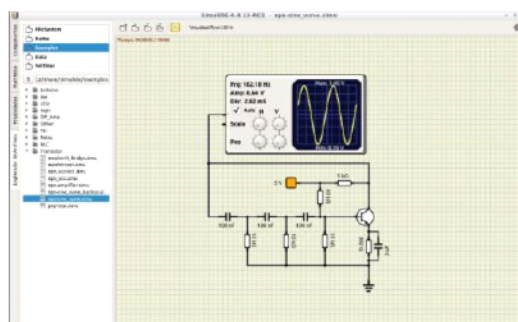


Figura 9. Captura de pantalla de un ejemplo de la base de datos de SimulIDE para Raspbian (disponible en <https://www.simulide.com/p/home.html>).

Este simulador ha mostrado buena aceptación en la comunidad de usuarios por su simplicidad, y cuenta con una base de datos con ejemplos de circuitos/subcircuitos que

pueden ser utilizados en cursos de electricidad donde se desee modelar el comportamiento de elementos en arreglos RC, RL o RLC, circuitos que contengan transistores (figura 9), por mencionar algunas de sus posibilidades.

Un enfoque más orientado hacia la enseñanza, hace de SimulIDE una alternativa que se puede adaptar tanto a los cursos con cierto enfoque hacia los principios físicos de los dispositivos utilizados en Electrónica, como a aquellos cursos teóricos de las carreras de Física, por lo que tendría buena cabida en cursos como: Construcción y mantenimiento de equipos de laboratorio, Física Experimental y Electromagnetismo, de la Licenciatura en Docencia de Física; Instrumentación y circuitos, Técnicas experimentales, Electrónica, Física Experimental y Electromagnetismo, de la Licenciatura en Física.

Fritzing

Fritzing es considerada una iniciativa de hardware de código abierto enfocada en hacer de la electrónica un campo de conocimiento accesible a todas las personas, promoviendo con su uso la creatividad de sus usuarios (Fritzing, 2021). Ofrecen una herramienta de software (figura 10) que comparte la filosofía de comunidad, promoviendo el intercambio e interacción entre distintos usuarios que cargan proyectos, documentan prototipos y comparten ideas con los demás.

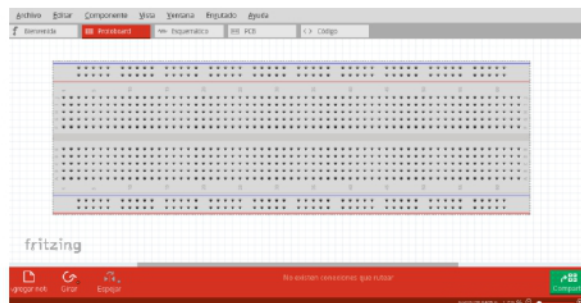


Figura 10. Captura de pantalla de Fritzing para Raspbian.

Se utiliza comúnmente como apoyo en cursos de electricidad y electrónica en el aula, ya que su entorno gráfico permite tres tipos de visualizaciones de forma simultánea: Protoboard, Esquemático y PCB (figura 11).

La visualización Protoboard permite construir circuitos a partir de un listado de componentes que va desde elementos comunes en electricidad y electrónica (resistores,

condensadores, inductores, diodos, transistores, etc.) hasta dispositivos más complejos (microprocesadores, microcontroladores, etc.). La base de componentes agrupa los elementos según sean comunes, o sean contribuciones de algunas casas de desarrolladores de componentes, por mencionar algunos ejemplos INTEL, Arduino y Sparkfun.

El software permite, en muchos de sus componentes, hacer modificaciones de sus características, de tal manera que el usuario tenga la opción de simular el montaje de un circuito lo más cercano a sus expectativas; además, permite hacer modificaciones en las dimensiones y otros parámetros físicos del dispositivo, de tal forma que en visualización PCB tenga un tamaño acorde al elemento. Otro aspecto para rescatar de este software es que no limita el uso a solo el listado de componentes, por el contrario, permite diseñar componentes con características y comportamientos específicos, siendo esta posibilidad ampliamente utilizada, y evidencia de lo anterior es la variedad de dispositivos que son compartidos a través de foros y canales en la web.

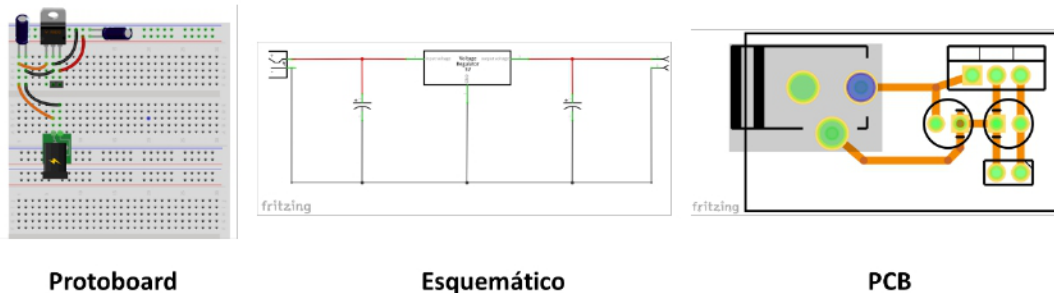


Figura 11. Circuito regulador de voltaje (ejemplo de Fritzing) en sus tres formas de visualización.

El formato de visualización “Protoboard” lo hace sumamente útil durante las etapas iniciales de montajes de circuitos o al describir arreglos particulares, al mismo tiempo que permite la verificación de su conexión al poder confrontar su montaje en una placa de prototipo con el formato “Esquemático”, lo que da idea de ser útil en cursos como: Construcción y mantenimiento de equipos de laboratorio, Física Experimental y Electromagnetismo, de la Licenciatura en Docencia de Física; Instrumentación y circuitos, Técnicas experimentales, Electrónica, Física Experimental y Electromagnetismo, de la Licenciatura en Física.

Qtiplot

En los campos de enseñanza, investigación científica, industria, entre otros, el uso de programas para el análisis y modelaje matemático de datos se ha tornado en una valiosa ayuda. QtiPlot es una aplicación científica multiplataforma utilizada activamente para la enseñanza en instituciones académicas de todo el mundo ya que permite el análisis y visualización de datos (Qtiplot, 2021). La fiabilidad de sus análisis le ha servido para ocupar un sitio importante como herramienta para el trabajo diario en diversos sectores, teniendo impacto hasta en publicaciones de trabajos de investigación.

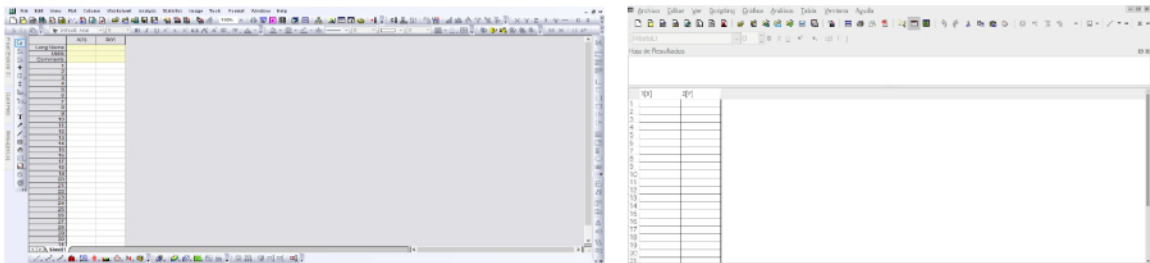


Figura 12. Entornos de trabajo de Origin 9 (izquierda) y Qtiplot (derecha).

El paso de un entorno de trabajo como los de Sigmaplot u Origin, utilizados por tradición en Física como apoyo en el trabajo experimental, al de Qtiplot, no debe crear conflictos, ya que cuentan con elementos, formatos y características, en general, similares (figura 12). El programa cuenta con distintas opciones que describen de forma amplia en la página web (ver referencia) y que detallaremos de forma resumida a continuación:

1. Gráficas 2D y 3D. En el trabajo experimental el Físico busca utilizar, dentro de las herramientas que estén a su alcance, aquellas que le permitan obtener información y hacer una toma de decisiones con los argumentos necesarios. En este sentido, la representación gráfica es una herramienta útil en la interpretación del comportamiento de una o más variables variables en función de un parámetro de evolución. Qtiplot permite dentro del trabajo con gráficos: modelar funciones matemáticas (expresión analítica o función paramétricas), superponer gráficos con distintas escalas para las variables dependientes, personalizar las líneas o marcadores utilizados para representar los datos, graficar datos en distintos formatos (burbuja, columnas, pastel, apilados), elaborar mapas de contorno y vectoriales, y gráficos estadísticos (histogramas, entre otros). Estas alternativas permiten

al usuario buscar una forma de representación que se adapte a sus necesidades, ya sea requiera presentar la información o derivar consecuencias de lo que se observa durante una recolección de datos.

2. *Análisis de datos*. El tipo de análisis de datos de datos que se hace sobre un conjunto de datos depende de lo que se quiera conocer. Qtiplot permite realizar análisis que incluyen: procesamientos de señal (FFT, estudios de correlación, interpolaciones y suavizados de señal), ajustes de datos según modelos matemáticos (lineal, polinomial, gaussiano, lorentziano, etc.) y análisis de imágenes.

3. *Análisis estadísticos*. En el estudio de una variable con comportamiento normal el Físico se apoya comúnmente en herramientas estadísticas, obteniendo en el camino información importante sobre el comportamiento del fenómeno de estudio, los instrumentos de medida utilizados para la toma de datos, entre otras cosas. Dentro de los análisis estadísticos que permite realizar Qtiplot están: análisis de estadística descriptiva (media aritmética, varianza, desviación estándar, entre otras), pruebas paramétricas (prueba T de Student, prueba chi-cuadrado, entre otras), pruebas no paramétricas (prueba U de Mann-Whitney, prueba de Kolmogorov-Smirnov, prueba Kruskal-Wallis, entre otras) y análisis de varianza (ANOVA).

4. *Intercambio y adquisición de datos*. La compatibilidad con otros formatos de datos, comúnmente asociados a extensiones de los archivos que se generan con el uso de algunos programas en particular, es necesaria en el campo de la Física. En este sentido, Qtiplot muestra compatibilidad con archivos generados por: OriginLab (formato .opj) en sus versiones desde la 3.5 a la 9.8.5, Microsoft Excel en diversos formatos (.xls, .xlsx o .xml), Libre Office y Open Office (formatos .ods y .fods), LabVIEW y Matlab. Por otro lado, también permite importar bases de datos SQL (MySQL, PostgreSQL o SQLite) y de Microsoft Access (formato .mdb), además de permitir la lectura y escritura de datos a través de un puerto serial que puede tener como fuente dispositivos como Arduino, entre otros.

5. *Secuencias de comando en Python*. A través de comandos Python, Qtiplot permite automatizar ciertos procesamientos de datos. Los desarrolladores proveen tutoriales bien detallados con ejemplos que pueden ser una referencia para la elaboración de gráficos en 2D y 3D, realizar ajustes matemáticos a datos que importados o que se van registrando en

tiempo real, además de habilitar la intervención de herramientas que tiene a disposición como SymPy, SciPy, entre otras.

6. *Soporte LaTeX*. La redacción en alta resolución es un aspecto que no ha de quedar relegado debido a que es un estándar imprescindible en la comunicación y publicación de documentos científicos (artículos, monografías, etc.). Qtiplot permite la integración con LaTeX, dando la posibilidad de exportar los gráficos con sus distintos elementos visuales de tipo escrito en este formato. De igual manera, da acceso a un editor que representa ecuaciones vía un compilador LaTeX de servicio web (requiere acceso a internet) o a través de un compilador que se puede instalar de forma local, pudiendo editar diversos aspectos en la presentación (tamaño, color, fondos, etc.).

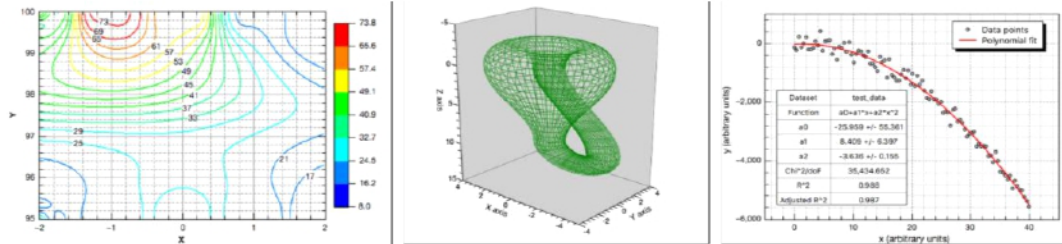


Figura 13. Ejemplos de distintas representaciones y acciones posibles en Qtiplot: gráfico de contorno (izquierda), representación de función paramétrica en 3D (centro) y regresión polinomial de una serie de datos (derecha). (Imágenes disponibles en

<https://www.qtiplot.com/index.html>).

Lo presentado hasta aquí son solo algunas generalidades de las opciones que permite Qtiplot como apoyo en el tratamiento de datos (figura 13). Hay que resaltar que la versión de RPi es gratuita (versión básica), a diferencia de las opciones disponibles para otros sistemas operativos. Es un programa con grandes prestaciones, y en esta placa suele correr con gran fluidez, a menos que la tarea sea muy demandante; por encima de esto, provee de suficientes elementos para que un usuario dedicado a la docencia de Física, o de investigación aplicada, pueda cubrir sus demandas de trabajo. Estas utilidades permiten una integración del software a cualquier curso teórico o experimental de las carreras de Física, por el hecho de que el Físico busca modelar matemáticamente los fenómenos

naturales de su entorno, con la intención de contar con criterios que le permitan generar control de los sistemas o tener capacidad de predicción.

Softwares varios para Raspbian

Aparte de los softwares utilizados para determinar el grado de acceso que se tiene a recursos como apoyo en los SO Ubuntu y Raspbian, una revisión de la literatura menciona otros que pueden utilizarse en situaciones varias, por lo que fueron descargados para probar algunas de sus prestaciones.

El primero es **Gimp**. Este es un programa de edición y retoque de gráficos digitales, disponible desde 1996. Forma parte del proyecto GNU, lo que asegura libertad en el uso de los usuarios, permitiendo dentro de sus posibilidades realizar desde tareas sencillas como pintar y dibujar, hasta otras más complicadas como retoques fotográficos, y edición y animación de imágenes digitales (GNU, 2021). A pesar de que una primera impresión sea la limitación de su uso a diseñadores gráficos o áreas afines, no es algo más alejado de la realidad. Este software es utilizado por parte de la comunidad científica para el tratamiento de imágenes de alta resolución, creación de ilustraciones para libros de texto, creación de plantillas para posters, en complemento con el programa Inkscape (figura 14), entre otros.

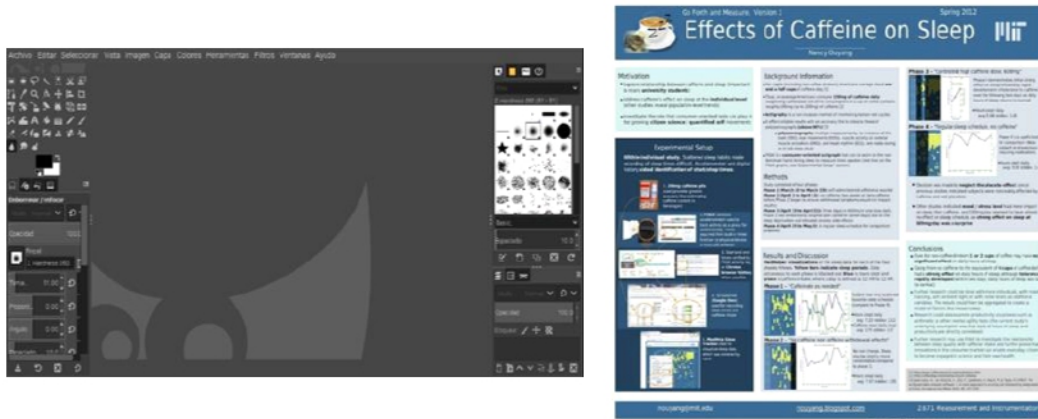


Figura 14. Captura del entorno gráfico de Gimp para Raspbian (izquierda) y un ejemplo de plantilla de poster creada con el mismo programa (derecha). (Imagen de poster disponible en <https://orangenarwhals.com/tag/gimp/>)

En la misma línea de creación de recursos digitales está **Blender**. Es un paquete de software gratuito y de código abierto dedicado a la creación, modelado, iluminación y animación 3D (Blender, 2021). Es un software multiplataforma, lo que ha permitido llegar a diversas categorías de usuarios con necesidades diversas. Su impacto en la sociedad de la tecnología es más que evidente, donde las animaciones han relevado de su protagonismo a personas o seres vivos para ciertas acciones. En Física, uno de sus usos más extendidos es la simulación de fenómenos físicos, ya que el software permite imponer condiciones que acercan el comportamiento del producto final a lo que realmente se observaría en condiciones controladas, todo esto incluido en un módulo integrado al programa. Este módulo permite hacer una simulación en la que se pueden controlar parámetros del sistema durante colisiones, definiendo cualidades de los objetos blandos, y también en el caso de fluidos (figura 15). Las posibilidades de este programa permiten al estudiante acceder a la visualización de fenómenos que se dan en tiempos muy cortos, en tiempos que pueda ser capaz de procesar a simple vista, por mencionar un ejemplo, ampliando quizás su capacidad de comprensión.

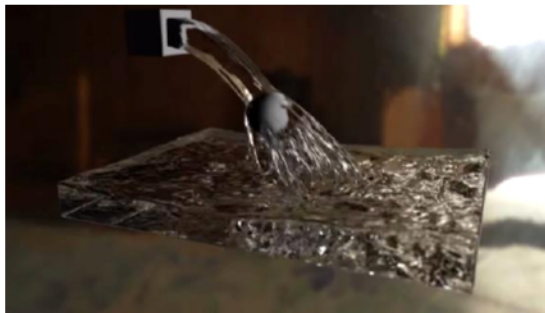


Figura 15. Ejemplo de una simulación recreada con Blender. (Disponible en <https://www.blendernation.com/2016/12/05/picking-right-fluid-resolution-reference-video/>)

El poco acceso que se tiene a la visualización y/o reproducción de ciertos fenómenos físicos hizo de la simulación una herramienta fácilmente adaptable a la enseñanza. Un simulador que ha tenido buena acogida por la comunidad de educadores de Física es **Step** (figura 16). Es un simulador interactivo que permite explorar el mundo de la Física a través de la simulación. Permite al usuario poner las condiciones del (de los)

objeto(s) de un sistema y observar cómo evoluciona en el tiempo su comportamiento. Durante las simulaciones el usuario puede variar ciertos parámetros del objeto o de las interacciones (fuerzas) que intervienen, con la finalidad de evidenciar los cambios que estos generan. De manera general, los sistemas con los que permite trabajar incluyen simulaciones clásicas en dos dimensiones de partículas y cuerpos rígidos. Además de las simulaciones, permite introducir el concepto de error en la medida, al realizar cálculos de error y su propagación en la respuesta que se tiene en el comportamiento de los objetos de la simulación, bajo las condiciones que se introducen, entre otras opciones. Este simulador de uso amigable para un usuario de poca experiencia además cuenta con una base de ejemplos que se pueden tomar de referencia para desarrollar nuevas situaciones que se puedan introducir en cursos de mecánica, por dar un contexto.

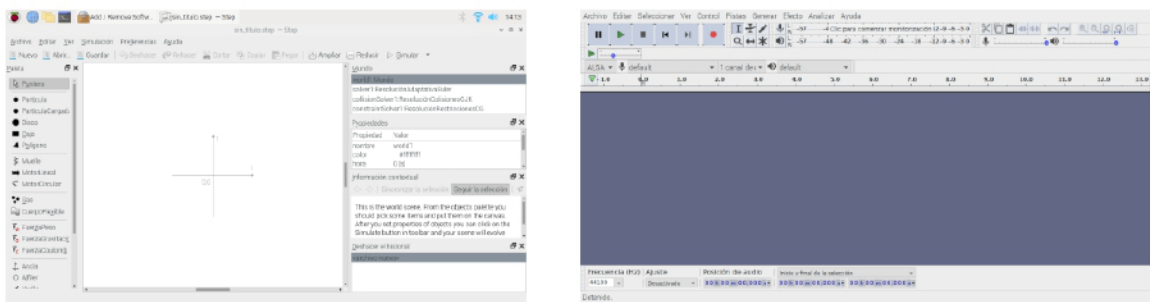


Figura 16. Captura de pantalla de: Step (izquierda) y Audacity (derecha), para Raspbian.

Otro software que tiene dentro de sus prestaciones utilidades en Física es **Audacity**. Es un software de audio multiplataforma, gratuito y de código abierto que permite la edición y grabación de múltiples pistas (Audacity, 2021). Este programa es ampliamente utilizado en la comunidad de comunicadores y personas vinculadas con la producción de material audiovisual, siendo una de sus posibilidades más explotadas la masterización de audio. En el caso del presente trabajo, este programa es de sumo interés, tanto así que fue integrado a de la secuencia didáctica que se propone como parte de la contribución a los docentes de Física interesados en la herramienta RPi.

Audacity (figura 16) procesa señales de audio digitalizadas, siendo estas una fuente de información de un fenómeno que ha sido transducida a un formato (de análogo a digital) que facilita su tratamiento mediante el uso de un computador. Dentro de las varias opciones de tratamiento de información que pueden ser de utilidad al Físico, está la de “Análisis de

espectro”. Esta opción permite tomar un registro de sonido, representado en el tiempo, y transformarlo mediante una transformada rápida de Fourier (FFT), a un espectro de frecuencias, donde el usuario podrá tener un panorama que provea información sobre ciertas cualidades del sonido que puedan ser de interés.

Se podría seguir enlistando programas compatibles con la placa RPi 4, describir sus características, dar ejemplos de aplicaciones que pueda tener, pero más allá de esto la idea que se intenta transmitir es que, el recurso en cuestión provee un escenario de nuevas experiencias y posibilidades para el docente de Física que busca responder a las necesidades de una población de estudiantes con necesidades e intereses distintos a los de la época en la que fue formado. Los tiempos cambian, la tecnología cambia, y por qué no hacer lo mismo con la forma en que presentamos la Física a los estudiantes en formación. Las condiciones actuales promueven la necesidad de replantear lo que hacemos y cómo lo hacemos, alineando los esfuerzos hacia el desarrollo integral de individuos con un perfil congruente con lo que demanda la Sociedad.

Resultados de la Fase 3.

Los resultados mostrados de las fases anteriores dieron un panorama sobre las limitaciones y bondades del equipo RPi 4, en cuanto al tipo de prestaciones que tiene al ser utilizado como computador, además de mostrar, dentro del catálogo de aplicaciones compatibles y de acceso gratuito para la placa, algunas con el potencial de ser integradas a cursos teóricos y/o experimentales de Física.

Siguiendo la línea de las ideas desarrolladas anteriormente, buscamos la manera de mostrar, de forma explícita, que una enseñanza de calidad no está restringida al acceso de equipo costoso, sino que existen tecnologías alternativas que implican inversiones menores y permiten obtener resultados de igual o mayor calidad, en cuanto al propósito didáctico que persigue su uso. El punto central de la exploración que se hizo del recurso y sus potencialidades se enfoca en pensar en qué hacer en un escenario donde los recursos disponibles son limitados y se tiene que buscar alternativas de bajo costo, de tal manera que el estudiante pueda, a través de una integración y planificación del uso de este recurso, desarrollar un conjunto de competencias que le permitan desenvolverse de manera

adecuada en el sistema del que busca ser parte y contribuir en pro de su desarrollo. En este sentido, al haber realizado una exploración de algunos softwares disponibles para la RPi 4 y conocer las prestaciones que provee como computador, además de los requerimientos del sistema para la interconexión con sensores de bajo costo (descritos en el marco teórico), se pensó en el desarrollo de una secuencia didáctica de actividades donde se integra el recurso en el estudio de un fenómeno natural, y se utiliza algunas de sus posibilidades como herramienta.

Estructura de la secuencia didáctica

La elaboración de una secuencia didáctica enfocada en el abordaje de un fenómeno físico que busca integrar de forma simultánea competencias tecnológicas propias del siglo XXI y competencias experimentales vinculadas a la actividad experimental en Física, o Ciencias en general, debe partir de una reflexión producto de las respuestas que podamos dar a un conjunto de preguntas relacionadas con el acto de aprender en la disciplina, como: *¿Cómo adquieren los alumnos un conocimiento científico? ¿Cuáles son las operaciones intelectuales necesarias? ¿Qué obstáculos encuentran?* (Soussan, 2003).

Soussan (2003, págs. 37-40) plantea que los trabajos que se han realizado en las últimas décadas en las áreas de psicología genética, psicología cognitiva y epistemología, han identificado la necesidad de centrar el proceso de construcción de conocimiento en el alumno, haciéndolo un partícipe activo. En este sentido, plantea un conjunto de hipótesis relativas a la construcción del conocimiento y las condiciones que lo pueden favorecer, el cual resumimos en la figura 17.

Partiendo de la idea de que el abordaje de nuevos conocimientos y su correspondiente apropiación forman parte de un proceso, se tomó una decisión de qué presentar y cómo presentarlo, a través de un formato de actividad donde el hilo conductor parte de la presentación de una situación problemática que describe un contexto y un conjunto de referentes teóricos que focalizan la atención del estudiante, buscando en todo momento que el panorama expuesto tenga un significado para el estudiante y logre una vinculación de esta información con sus ideas previas.

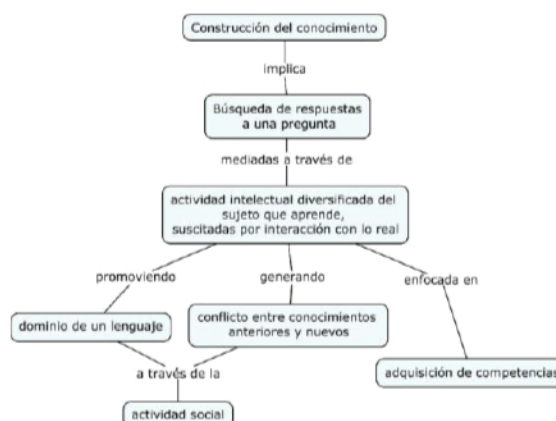


Figura 17. Interpretación de las hipótesis y condiciones favorables para la construcción del conocimiento propuestas por Soussan (2003).

Las actividades están enfocadas unas en la apropiación de conceptos vinculados con el fenómeno en estudio, y otras en aspectos técnicos del uso de herramientas, como el caso de la RPi, entre otros, como parte de la integración de recursos tecnológicos que movilizan, de manera conjunta, el desarrollo de competencias específicas de la Física como tecnológicas.

Un enfoque con orientación más hacia la técnica en algunas de las actividades (apropiación de habilidades tecnológicas en el uso de alguna herramienta específica como software o circuito eléctrico, por dar una referencia), propone el uso de ciertas herramientas para la exploración de sistemas que tienen en su base la evaluación los posibles obstáculos que pueda encontrar el estudiante (conceptual o tecnológico), y la identificación de aquellas operaciones intelectuales que pone en acción el individuo en la obtención de información. Esto se promueve al establecer un marco de trabajo semi-estructurado, donde el individuo debe organizar una metodología de trabajo que refleje un manejo debido del control de variables y le permita obtener información orientada a dar respuesta a preguntas focalizadoras propuestas a lo largo de la actividad. Los espacios que deja al confrontamiento de resultados con ideas previas, y la interacción que se dé entre pares y con el docente en el transcurso de su reflexión sobre sus vivencias, permiten que refleje la organización de ideas y su vinculación al utilizar diversas formas de lenguaje (escrito o simbólico) en la presentación de resultados.

Por otro lado, en aquellas actividades con mayor orientación hacia la construcción de conceptos, los objetivos que se persiguen son similares, en esencia (identificación de operaciones intelectuales y obstáculos), difiriendo en la apertura del marco de trabajo lo que se traduce en un esquema más abierto. Este marco de trabajo permite al estudiante mostrar evidencias del desarrollo de cualidades propias de la actividad científica (iniciativa, organización, entre otras) al tener que diseñar los protocolos de trabajo y el procedimiento para llegar a una respuesta, teniendo como información un marco teórico enfocado en contextualizar, focalizar e incentivar al estudiante, y una serie de cuestionamientos.

A manera de cierre, se expone a los estudiantes ante una situación problemática real con la intención de que pongan en acción el conocimiento generado (extrapolación del contexto) durante el desarrollo de la actividad. La solución, diseño o alternativa que propongan a la situación propuesta reflejará en qué medida se logró el desarrollo de la competencia específica que se persigue. El éxito o fracaso de la actividad está de la mano de las intervenciones y/o modificaciones que haga el docente, al llevar al estudiante a reflexionar sobre su actuar, siendo un aspecto relevante el que el docente tenga claridad de los objetivos que se persiguen, sumado al conocimiento que tenga del uso de la herramienta y sus posibilidades.

El grado de éxito que se logre con el desarrollo de una actividad va de la mano con la pertinencia de las intervenciones y/o modificaciones que haga el docente, al generar espacios que lleven al estudiante a reflexionar sobre su actuar, si la situación lo amerita, siendo un aspecto relevante el que el docente tenga claridad de los objetivos que se persiguen, sumado al nivel de conocimiento que tenga de los contenidos que se desarrollan, el uso de la herramienta y sus posibilidades, entre otras.

SECUENCIA DE ACTIVIDADES

ACTIVIDAD - 1
OSCILOSCOPIO DE “BAJO COSTO”
(RASPERRY PI + ARDUINO)

COMPETENCIA

Maneja de manera eficiente y pertinente los aspectos técnicos de una herramienta de bajo costo (RPI + Arduino) como alternativa al uso de herramientas de gama alta (altos precios), para la medición y caracterización de señales dentro de un sistema generador de pulsos periódicos, en un ambiente de trabajo que promueva el aprender a aprender al construir conocimiento.

¿Por qué un osciloscopio en las clases de física?

Comúnmente el Físico se apoya en dispositivos (instrumentos) que sean capaces de detectar y traducir señales eléctricas a una forma de representación fácil de interpretar y así obtener información que permita caracterizarlas de forma apropiada. Un instrumento de medición que posee esas cualidades es el osciloscopio.

Función del osciloscopio dentro del contexto del estudio de señales eléctricas.

El osciloscopio es un instrumento que permite transformar tiempo en espacio y así las señales eléctricas se grafican en una pantalla, para ver su comportamiento a través del tiempo. La información que proporciona el osciloscopio lo clasifica como uno de los equipos más útiles en física. Actualmente se pueden encontrar osciloscopios de tipo analógico o digital (figura 1). La principal diferencia entre ellos es la conversión de la señal para visualizar la información en una pantalla.



Figura 1. Osciloscopios: analógico (izquierda) y digital (derecha).

Dependiendo del tipo de señales que se desee caracterizar y del objetivo de la información obtenida, el mercado ofrece una amplia gama que puede variar en la cantidad de canales, el ancho de banda (relacionado con el rango de frecuencia que es capaz de medir sin pérdida de información), funciones (modos para procesamiento de la señal) o precisión (relacionado con la confiabilidad en la medición, comúnmente definido por el fabricante).

Osciloscopios de bajo costo en las clases de física: habilidades técnicas requeridas del experimentador.

Hace poco más de una década, era necesario hacer una inversión considerable de recursos monetarios para contar con instrumentos de alta gama. Hoy día, el desarrollo de la tecnología y la masificación de la industria electrónica permite comprar dispositivos de medición, como es el caso de un osciloscopio de alta gama, por una fracción del precio de mercado de hace 10 o 20 años.

Una propuesta de osciloscopio de bajo costo, para la visualización de una señal eléctrica y su caracterización, es la de Mike Cook (Cook, 2018). Sugiere como osciloscopio, para la visualización de señales eléctricas, utilizar una tarjeta de adquisición de datos (Arduino Nano, Uno o Mega) acoplada a una computadora (RPi 3B+). Los materiales necesarios para construir este “osciloscopio de bajo costo” se enlistan a continuación:

- | | |
|---------------------------------------------|-----------------------------------------|
| ✓ Arduino Uno, Nano o MEGA | ✓ 1 condensador de 1,0 μF |
| ✓ 3 potenciómetros de 10,0 $\text{k}\Omega$ | ✓ 2 condensadores de 47,0 μF |
| ✓ 4 resistencias de 10,0 $\text{k}\Omega$ | ✓ Enchufe macho BNC (opcional) |
| ✓ 1 resistencia de 1,0 $\text{k}\Omega$ | |

Con los materiales enlistados, se procede a cargar el código a la placa Arduino (Anexo 1), lo que permite la adquisición de los datos (bajo forma de señal eléctrica análoga) y su correspondiente conversión a señal digital para ser procesada por la RPi (que admite solo señal digital).

Una vez cargado el código se arma el circuito que se muestra en la figura 2. Hasta este punto, se tiene configurado el sistema de captación, por lo que restaría cargar el código Python para generar la interfaz de control y la caracterización del osciloscopio.

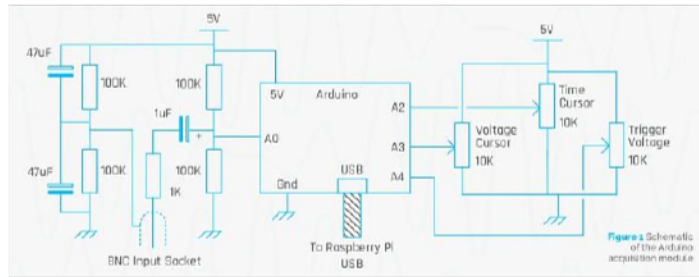


Figura 2. Circuito esquemático del módulo de adquisición (Cook, 2018, pág. 45).

Programación en Python para la RPi

Para correr el programa elaborado en lenguaje Python, se trabajó con una RPi 4 con un sistema operativo Raspbian instalado. Los archivos necesarios se pueden encontrar en el repositorio disponible en el siguiente sitio: https://github.com/Grumpy-Mike/Mikes-Pi-Bakery/tree/master/Arduino_Scope/Software. Del repositorio de deben descargar las carpetas, de modo que el PyLogo.png quede en una carpeta **images** y en la raíz quede el programa **Scope.py**. El código almacenado se puede abrir desde el editor **Geany**, **Thonny Python** o cualquier otro con el que se sienta familiarizado. Una vez cargado el código, le debe aparecer en la pantalla una interfaz como la mostrada en la figura 3, donde podrá observar la señal de entrada y podrá medir los parámetros voltaje y tiempo (como su equivalente) entre puntos que sean de su interés.

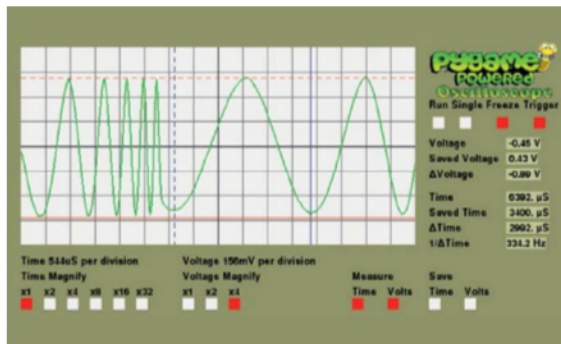


Figura 3. Interfaz gráfico del osciloscopio.

La interfaz gráfica le permite realizar algunos ajustes para obtener información de la señal de entrada, dentro de las que podemos destacar:

- ✓ **Time magnify** (magnificación en el tiempo). En esta sección se puede realizar un ajuste en el eje del tiempo (eje horizontal) para señales de distintas frecuencias, denotado como x1, x2, x4, ..., x32, al variar el tiempo asignado por cada división en la visualización del patrón.
- ✓ **Voltage magnify** (magnificación de voltaje). En esta sección se puede hacer un cambio de escala en el eje donde se representa el voltaje (eje vertical), ya sea al duplicando su altura (x2) o cuadruplicándola (x4), que equivale a cambiar el voltaje asignado por cada división.
- ✓ **Measure**. Permite al usuario elegir cuál(es) parámetro(s) desea medir, si tiempo, voltaje o ambos. Estos habilitan una serie de cursores móviles para desplazarse sobre el eje del tiempo (horizontalmente) o de voltaje (verticalmente).
- ✓ **Save**. Habilita una línea de referencia fija para las mediciones de tiempo y/o voltaje.
- ✓ **Run, Single, Freeze y Trigger**. Permiten al usuario definir si desean ver el patrón variando en el tiempo (Run) o si desea verlo detenido (Freeze).

Características de las señales que se pueden estudiar con este osciloscopio

Este osciloscopio permite visualizar señales con frecuencias hasta de 5,8 kHz por la rapidez de muestreo (limitada por la placa Arduino) y un voltaje de entrada que no debe superar los 5,0 Vpp (se saturan las entradas analógicas).

***FAMILIARIZACIÓN CON EL USO DE UN
OSCILOSCOPIO DE BAJO COSTO***

MANUAL DE USO

Para el desarrollo de este sondeo te proponemos como primera actividad, explorar el comportamiento de uno de los chips temporizadores más utilizados en la industria en las últimas cinco décadas por su simplicidad, precio y precisión, se trata del conocido CI **555**. Dentro de las aplicaciones más comunes que ha tenido este circuito integrado están la de temporizador, generador de señales, oscilador, divisor de frecuencias y modulador de frecuencias (Monroy, 2018).

Los modos de operación principales de este chip permiten utilizarlo como multivibrador estable (también llamado astable) o monostable. El primer modo se caracteriza por proveer una señal de salida en forma de onda cuadrada (figura 4), con una frecuencia específica determinada por los valores de los elementos del arreglo; su arreglo monoestable se caracteriza por generar un solo pulso (figura 4) con un ancho determinado por los valores de los elementos del arreglo.

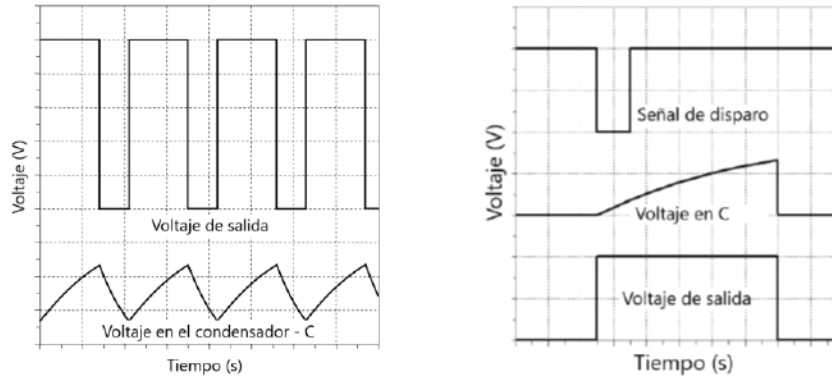


Figura 4. Comportamiento del CI 555 en configuración estable (izquierda) y monoestable (derecha). (Adaptación de las imágenes disponibles en Wikipedia).

En su configuración estable, el tren de pulsos (señal cuadrada) que se genera se caracteriza por tener intervalos de tiempo durante los que el voltaje es cero (si este es el voltaje de referencia), representados comúnmente como 1- t_{bajo} , y 2- otros donde el voltaje está por encima del valor de referencia, representado como t_{alto} . Estos valores de tiempo permiten definir el parámetro conocido como *ciclo de trabajo* (figura 5) y cada usuario lo configura según su necesidad.

$$\text{Ciclo de trabajo} = \frac{t_{alto}}{\text{Período}} * 100\%$$

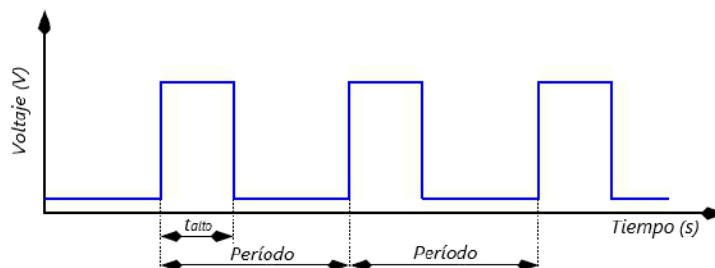


Figura 5. Parámetros que definen el ciclo de trabajo en una onda generada por un CI 555.

En nuestro caso, es provechoso explorar el comportamiento estable del CI 555 en la generación de señales periódicas, con apoyo del osciloscopio de bajo costo. Para explorar el comportamiento del CI 555 se proporciona un osciloscopio de bajo costo, resistencias (1,0 k Ω , 1,5 k Ω , 2,2 k Ω , 3,3 k Ω , 4,7 k Ω , 5,6 k Ω , 8,2 k Ω y 10,0 k Ω), condensadores (1,0 μ F y 10,0 μ F), y porta baterías de 3,0 V (para baterías de 1,5 V AA).

Exploración

La figura 6 muestra un arreglo convencional del CI 555 que provee como señal de salida un tren de pulsos periódico de frecuencia “ f ”.

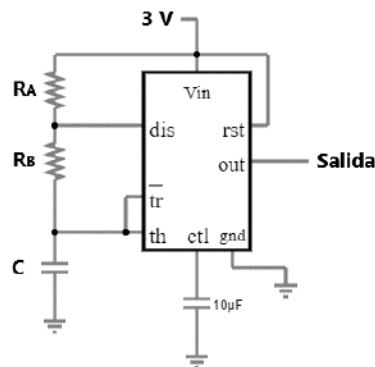


Figura 6. Configuración convencional del CI 555 en régimen estable.

Arma la configuración convencional del CI 555 sobre un protoboard. Hay que tener presente que el ciclo de trabajo y la frecuencia del patrón de la señal de salida depende de los valores de R_A , R_B y C . Se debe modelar el comportamiento de ambos en función de R_A y R_B , para un valor fijo de C de 1,0 μ F. Es decir, que es importante tener claro un modelo predictivo de lo que va a ocurrir en estas circunstancias para orientar adecuadamente la exploración. Esto implica, que antes de proceder debes diseñar un procedimiento para cumplir con lo solicitado. La información recopilada y su correspondiente análisis son parte de la evidencia experimental que se debe proporcionar al finalizar la tarea.

Se te sugiere, además, que para una mejor articulación del modelo predictivo que dirige y orienta la exploración se debe preparar el sistema para obtener, en cada caso, con al menos una combinación de valores de R_A y R_B , una señal de salida con ciclos de trabajo

de 25%, 50% y 75%. Contrasta los resultados obtenidos, con las predicciones y lo observado en la medición, y, además establece las dispersiones (errores correspondientes).

Nota: Si durante la búsqueda información en la literatura, referente al comportamiento de este arreglo para el CI 555, se encuentra información sobre algún modelo teórico o empírico que exprese la dependencia entre las variables descritas, contrasta el resultado obtenido y el modelo en cuestión.

Un momento de reflexión

La exploración del comportamiento del tren de ondas periódicas que se tiene a la salida de este arreglo con el CI 555, permite al usuario crear un método útil en la medición de tiempo y en la generación de señales. Siendo estas dos, unas de las tantas aplicaciones posibles, te sugerimos realizar el diseño de uno de los dos sistemas que se describen a continuación, haciendo la debida descripción y sustentación del arreglo elegido, basándote en los principios físicos correspondientes:

1. Estroboscopio de frecuencia regulable con fuente de luz para fines experimentales en el estudio del movimiento de ondas superficiales en el agua.
2. Generador de ondas *diente de sierra* o *sinusoidales*.

ACTIVIDAD - 2

ESPOTEK LABRADOR

COMPETENCIA

Maneja de manera eficiente y pertinente una herramienta multipropósito de bajo costo para la medición y generación de señales como alternativa al equipo tradicional de laboratorio de electricidad en Física, dentro de un proceso de caracterización de parámetros eléctricos que describen la transferencia de información en un circuito mediante señales.

¿Por qué usar herramientas multipropósito en las clases de física?

Uno de los problemas que plantea la actividad experimental en Física, específicamente en las áreas de electricidad y electrónica, es la necesidad de tener acceso a equipos de precisión como fuentes de alimentación (corriente directa y alterna) y dispositivos de medición de parámetros eléctricos (ohmímetro, voltímetro, amperímetro o en su defecto multímetros), que comprados por separado pueden llegar a costar cantidades no accesibles al experimentador. En este sentido, el acceso a nuevas tecnologías ha provisto alternativas que permiten resolver no solamente la parte económica para tener acceso a este tipo de equipo, entre otros beneficios, sino también la capacidad de trabajar en cualquier lugar.



Figura 1. Imagen de la placa *todo-en-uno*, Espotek Labrador.

Hay alternativas de “bajo costo” y de tipo compacto (en un solo instrumento) que brindan la oportunidad de acceder a dispositivos generadores de señales eléctricas y su medición, y que ocupan un espacio físico reducido, por ejemplo, la placa conocida como **Espotek Labrador**. Según su desarrollador, se considera como una herramienta *todo-en-*

uno dirigida a: 1- estudiantes de Física y de Electrónica, 2- “makers” y 3- aficionados (figura 1).

Función de esta herramienta multipropósito dentro del contexto del estudio de señales eléctricas.

Es un dispositivo de dimensiones reducidas (3,20 cm x 3,40 cm, aproximadamente) y está diseñado para usuarios con conocimientos básicos en instrumentación y electrónica o con cierta experticia en el área. Puede operar como:

1. Osciloscopio (2 canales, a $3,75 \times 10^5$ muestras/segundo por canal).
2. Generador de frecuencias (2 canales, $1,0 \times 10^6$ muestras/s por canal).
3. Fuente de voltaje o poder (4,5 V – 12 V, a 0,75 W).
4. Analizador lógico (2 canales, $3,0 \times 10^6$ muestras/s por canal, con decodificación serial).
5. Multímetro (medición de voltaje, corriente, resistencia y capacidad eléctrica).

El software que se requiere para su uso en PC o RPi es descargable de forma gratuita desde el siguiente enlace o “link” (<https://github.com/spotek/labrador/releases>).

Nota: En el enlace (<https://github.com/spotek/labrador/wiki>) hay sobre cada función información más detallada de la que se dispone en la placa, lo que permite al usuario conocer los rangos de operación, según la función que se utilice.

Herramientas multipropósito en las clases de física: habilidades técnicas requeridas del experimentador.

Instalado el programa, solo se debe conectar la placa. Puede correr el programa en su dispositivo, con lo que tiene acceso a una interfaz gráfica de control como la mostrada en la figura 3. En esta interfaz se puede:

- ✓ Acceder a la configuración del formato de visualización de la información que se obtiene de las mediciones en las distintas funciones (escalas, representación, calibración, entre otras). **Recuadro en rojo.**
- ✓ Seleccionar los canales de medición, en el caso de utilizar el osciloscopio, además habilitar cursores para la lectura fácil en pantalla. **Recuadro en marrón.**

- ✓ Variar el voltaje de salida de la fuente, en caso de utilizarla para alimentar un circuito o una sección de un circuito en corriente directa. **Recuadro en púrpura.**
- ✓ Habilitar el modo multímetro (Multimeter++), para hacer mediciones de voltaje, corriente, resistencia y capacidad eléctrica, las cuales se pueden visualizar de forma gráfica o secuencia digital. Nota: para el uso de este modo es importante seguir las indicaciones sugeridas por el fabricante, además no mida parámetros fuera del rango permitido). **Recuadro en verde.**
- ✓ Controlar el tipo, frecuencia y amplitud de la señal generada por uno de los 2 generadores de señales disponibles. **Recuadro en celeste.**

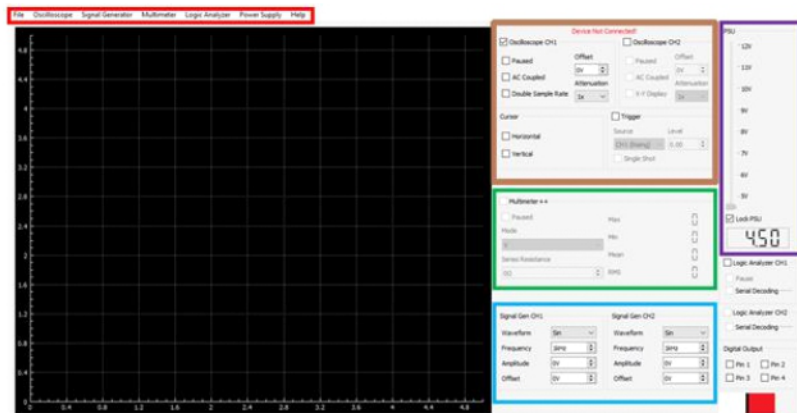


Figura 3. Interfaz del programa asociado a la placa Espotek Labrador.

A continuación, se describe el uso de algunos de los modos de operación y medición que pueden ser de utilidad para el desarrollo de actividades experimentales. En caso de necesitar información complementaria para el uso correcto de esta herramienta, el usuario la buscará en internet.

FAMILIARIZACIÓN CON LA PLACA ESPOTEK LABRADOR

El desarrollador de la placa Espotek, comparte en el enlace <https://github.com/EspoTek/Labrador/wiki/Pinout> información detallada sobre los modos correspondientes a los distintos pines de conexión, tal como se muestra en la figura 2. Esta información es de utilidad para el usuario, al momento de realizar las conexiones cuando

se disponga su uso en algún modo específico (fuente, multímetro, generador de señales, etc.).

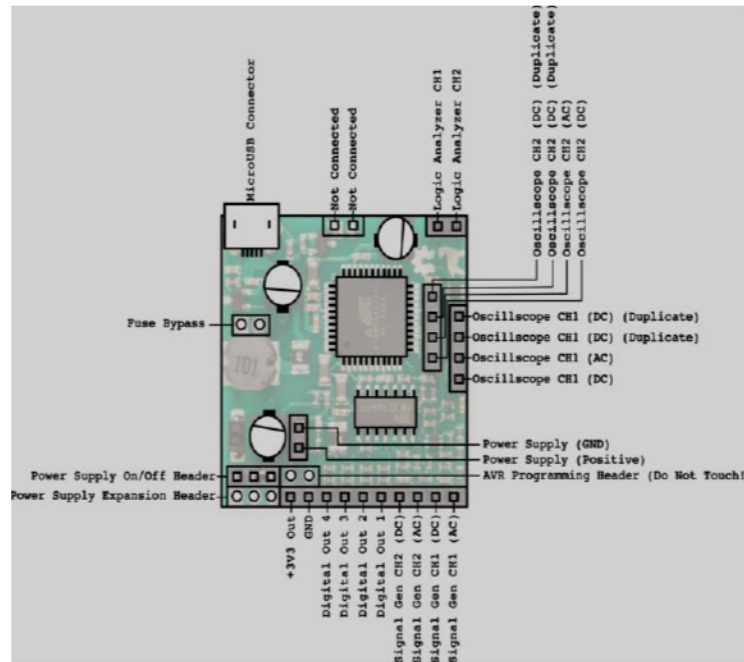


Figura 2. Arreglo de los pines de conexión de la placa Espotek Labrador.

Es importante mencionar que la placa debe ser calibrada antes de su uso. Seguido se presentan aspectos técnicos importantes sobre el uso del EspoteK Labrador al medir señales con diferentes voltajes de corriente directa (DC).

Medición de voltaje

La placa tiene dos maneras de medir voltaje directo: modo de voltímetro y/o modo osciloscopio. Generalmente, el modo de voltímetro se utiliza para medir voltajes en corriente directa (DC) y el modo osciloscopio cuando hay voltaje directo o variable (DC o AC).

Para visualizar adecuadamente la información se sugiere al usuario utilizar ambos modos de medición: con el voltímetro para obtener una magnitud que puede ser útil como comparación y con el osciloscopio para tener una imagen del comportamiento en el tiempo de la señal de voltaje. Para el control de calidad se sugiere dos exploraciones en ambos modos de medición.

Medición de voltaje con el voltímetro (aspectos técnicos).

Para este tipo de mediciones es necesario que en la interfaz del programa se inhabiliten las opciones ***Oscilloscope CH1*** y ***Oscilloscope CH2***. Luego, se habilita el modo ***Multimeter ++*** y se selecciona la medición de voltaje, denotado por ***V***, asignando en “***Series Resistance***” el valor ***0 Ω***. Lo anterior solo se pueden realizar si la placa está conectada al computador, por lo que se recomienda no conectar circuitos a la alimentación mientras se hacen cambios en los modos de funcionamiento.

A manera de ejemplo se describe el trabajo con el divisor de tensión mostrado en el circuito esquemático de la figura 3. *Previo a la conexión de la placa al computador, se verifica que los pines de la fuente estén conectados a los rieles positivo y negativo (GND) de la placa, a manera de referenciar la alimentación que se provee al circuito.*

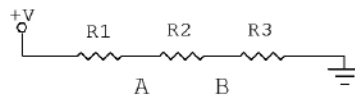


Figura 3

Se arma el circuito de la figura 3, eligiendo tres valores de resistencia, preferiblemente distintos y mayores a 1,0 kΩ. Luego se configura el voltaje de la fuente a 9,0 V en el recuadro ***PSU*** del programa. Una vez armado el circuito y configurado el voltaje de la fuente, se conecta la placa al computador.

Para medir voltaje, se conecta de manera equivalente a como se hace con las puntas de prueba (roja) y de referencia (negra) con un voltímetro, siguiendo la convención de colores, a las entradas de los pines ***Oscilloscope CH1 (DC)*** y ***Oscilloscope CH2 (DC)***, respectivamente.

Atendiendo a la convención mencionada en el párrafo anterior, para medir el potencial en los nodos A y B del circuito, se debe conectar el pin ***Oscilloscope CH2 (DC)*** al riel negativo del protoboard y mantenerlo en esa posición durante la medición. Por otro lado, con el cable conectado al pin ***Oscilloscope CH1 (DC)***, se explora en cada uno de los nodos (A y B) con lo que podrá registrar el potencial en ellos. Si conoce los valores nominales de las resistencias (R1, R2 y R3) y el voltaje de la fuente, se procede a calcular los potenciales que debe haber en los nodos para verificar si son razonables las medidas.

Medición de voltaje (DC) haciéndolo variar usando un osciloscopio.

Para probar el modo osciloscopio de la placa, se alimenta el circuito anterior con una señal de voltaje (que se ira variando), producida por el generador de señales del que se dispone. En este sentido, es necesario cambiar la posición del cable que estaba conectado al pin positivo de la fuente, al que se denota como ***Signal Gen CHI (DC)***.

En el programa, se deshabilita la opción ***Multimeter ++*** y se habilita el ícono ***Oscilloscope CHI***. De esta manera, se habilita la entrada ***Oscilloscope CHI (DC)*** para registrar el potencial del punto de lectura, respecto a la tierra.

Para configurar el generador de señales se debe dirigir al recuadro señalado como ***Signal Gen CHI***. Aquí se configura la amplitud a 2,0 V, la frecuencia (Frequency) a 1,0 kHz y se elige un tipo de señal, por ejemplo, senoidal.

Una vez configurado el generador de señales, la interfaz del programa debe registrar el valor de potencial, en el tiempo, del nodo donde se conectó la punta del osciloscopio. Sobre la señal que se visualiza en la pantalla se pueden hacer mediciones de voltaje o tiempo. Para medir voltaje entre dos puntos del patrón debe hacer clic izquierdo en un punto de su elección y arrastrar el cursor que aparece hasta otro punto de su interés. Hecho esto, se registra en pantalla el voltaje entre los puntos elegidos del patrón. Otra manera de caracterizar la señal de entrada es dirigirse a la parte superior del programa, donde puede solicitar que indique algunos parámetros estadísticos (figura 4).

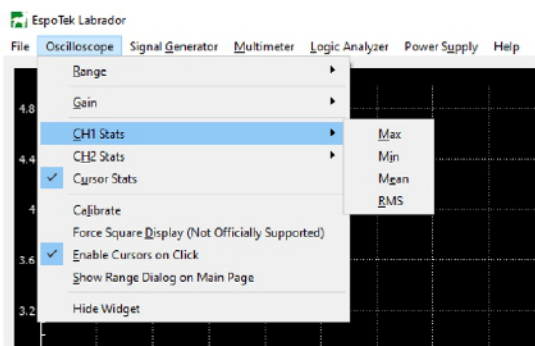


Figura 4. Medidas estadísticas disponibles para la señal de voltaje medida.

Por otro lado, se pueden realizar ajustes en las escalas de voltaje (eje vertical) y tiempo (eje horizontal). Para cambiar la escala en la primera, se debe mover la rueda del ratón en un sentido o el otro; para variar la escala del tiempo, por su parte, debe hacerse

clic sobre la tecla Ctrl y luego mover la rueda del ratón. De esta manera, se podrá visualizar el patrón con unas escalas más adecuadas para la caracterización del fenómeno.

El programa le permite hacer otras modificaciones en el patrón que se registra en la pantalla, por lo que le recomendamos explorar con las distintas opciones de la señal que introduce el generador al circuito o, con las que se encuentran disponibles en el recuadro de la entrada del osciloscopio.

ACTIVIDAD - 3

FILTRADO DE SEÑALES. UNA FORMA DE DISCRIMINAR INFORMACIÓN.

COMPETENCIA

Diseña sistemas para filtrar las componentes de una señal eléctrica que no son de interés para el problema a resolver, utilizando como base circuitos que contemplan arreglos con dispositivos electrónicos y amplificadores operacionales.

Descripción del problema

Durante el estudio de señales de distinta naturaleza (eléctrica, sonora, entre otras) es común encontrarse con la necesidad de hacer una selección de un rango de interés dentro la información que somos capaces de captar. Para dar un ejemplo, supongamos que se desea hacer el registro del sonido emitido por una variedad de primate dentro de su entorno natural (especimen A) con la intención de compararlo con el de otros especímenes de la misma familia, que han sido mantenidos en cautiverio desde su nacimiento (especimen B), al responder ante cierto tipo de situación. Por el control que se puede tener en el entorno del espécimen B (entorno controlado), su registro sonoro se podría realizar sin mayores dificultades, ya que se puede aislar de otras especies, otras unidades de la manada, de factores que puedan alterar el registro vocal que se capta mediante el sistema de grabación, entre otros; para el espécimen A, debido a las condiciones en que se encuentra, esos controles no se pueden realizar ya que forma parte de un entorno donde pueden existir otras especies de animales emitiendo sonidos, ruidos producto de fenómenos naturales de la localidad, entre otros sonidos que pueden introducirse dentro del registro sonoro que se desee realizar. Estas condiciones que se dan en los grupos de estudio pueden presentar una barrera para el investigador, por lo que es necesario que pueda hacer uso de sus habilidades y conocimientos de la Física del fenómeno de las señales y parte del tratamiento que se puede hacer de las mismas.

Como es del conocimiento del lector, el registro de una señal y su correspondiente procesamiento a través del uso de una transformada de Fourier nos permite hacer la transición del dominio temporal de la misma al dominio de frecuencias (figura 1), lo que

nos daría acceso a información útil sobre la huella de sonido que deseamos estudiar. Una posible solución a este problema hipotético está de la mano con el uso de **filtros de frecuencia**. Filtrar parte de una señal inicia por identificar que nos es de interés y que no lo es. En este sentido, dando continuación al problema planteado, información obtenida del registro sonoro del espécimen B podría ser de utilidad para decidir que rango de frecuencias serían de interés para lo que se pueda captar del espécimen A dentro de su entorno.

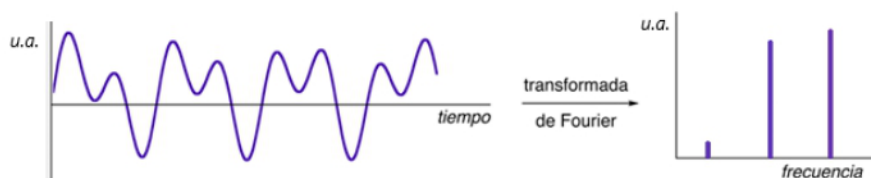


Figura 1. Ejemplo de una señal y su respectiva transformada de Fourier.

Los filtros varían según la naturaleza de la señal que se desee estudiar, por lo que en esta actividad nos limitaremos a ver el caso de dos de los filtros que se utilizan comúnmente en el tratamiento de señales de voltaje: filtros activos pasa baja y pasa alta. Ambos tipos de filtros utilizan como base un amplificador operacional (AO).

Filtros activos pasa baja

Los filtros activos “pasa baja” son circuitos, en algunas de sus formas más simples, conformados por resistencias, condensadores y un AO. De forma general, tal y como indica su nombre, toman una señal (comúnmente de tensión), la procesan y dejan pasar de esta (filtra) solo aquellas componentes con frecuencias “por debajo de” cierto valor conocido como **frecuencia de corte**. En el caso ideal, la curva de respuesta en frecuencia de estos dispositivos mostraría una caída abrupta de voltaje a la frecuencia de corte (figura 2), eliminando cualquier señal o componentes de esta que corresponda con frecuencias superiores a dicho valor. En la realidad, las señales con frecuencias superiores a la frecuencia de corte no se reducen repentinamente, sino que disminuyen gradualmente (figura 2) para valores por encima de la frecuencia de corte. En la práctica, las señales de salida, a la frecuencia de corte, muestran amplitudes de aproximadamente 0,707 veces lo esperado según el modelo.

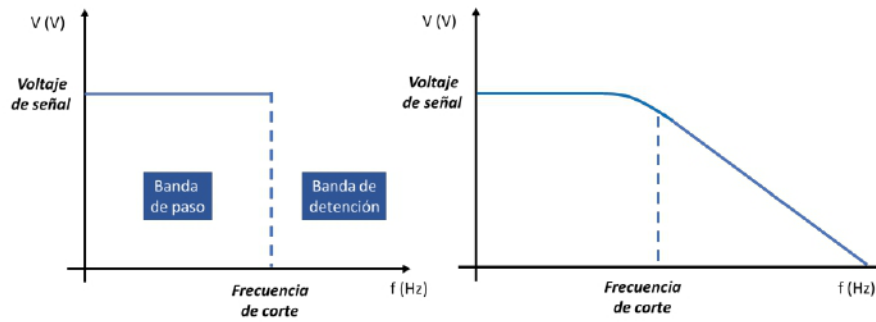


Figura 2. Respuesta en frecuencia del filtro pasa baja: ideal (izquierda) y real (derecha).

Una configuración posible para estos filtros básicos es la mostrada en la figura 3. Si partimos del hecho de que el AO está configurado en ciclo abierto, lo que se obtenga a la salida (punto B), va a estar condicionado por lo que se obtenga a la entrada como señal (tomando como referencia a la entrada no inversora). Esto nos lleva a la necesidad de modelar lo que sucede con la señal que llega a la entrada no inversora.

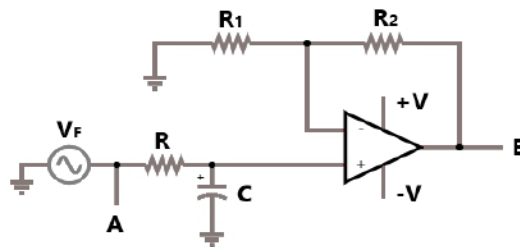


Figura 3. Circuito básico de un filtro activo pasa baja.

En la figura 4 se muestra una representación de la sección del circuito que precede a la entrada no inversora del AO. Al introducir un condensador eléctrico en un circuito de corriente alterna, las placas se cargan y la corriente eléctrica tiende a disminuir, por lo que su comportamiento parece ser el de una “resistencia aparente”. Esta respuesta que tienen los condensadores en corriente alterna se denomina reactancia capacitiva (X_C) y está relacionada con la frecuencia de la señal de la siguiente manera

$$X_C = \frac{1}{2\pi f C}$$

La diferencia de potencial entre los terminales inversor y no inversor del AO es cero, por lo que el voltaje en el condensador es igual al voltaje de salida (punto B respecto a la referencia), debido a que este circuito es un seguidor de voltaje. En este sentido, V_F se divide entre la resistencia R y el condensador C . Lo anterior indica que dependiendo de la relación de orden entre R y X_C , el voltaje que se mida en P (figura 4) tendrá influencia de la frecuencia de la señal. Si la señal es de frecuencia alta (relativa a la frecuencia de corte), la reactancia capacitiva será pequeña en comparación con R , lo que tiene como consecuencia que la mayor parte del voltaje de la fuente se quede en R y que el voltaje de P (respecto a la referencia) tienda a cero. Esto deja una señal de salida nula o con una alta atenuación.

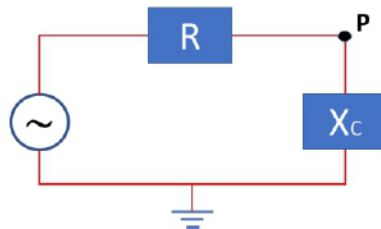


Figura 4. Circuito RC que controla la señal a la entrada no inversora del AO.

Un caso particular de esta relación de orden entre R y X_C tiene lugar cuando ambos son iguales ($R=X_C$), lo que permite definir lo que se denomina frecuencia de corte (f_c), y se expresa de la siguiente manera

$$f_c = \frac{1}{2\pi RC}$$

A diferencia de los filtros pasivos pasa baja, los activos permiten, además de filtrar intervalos de frecuencias no deseadas, amplificar la señal. Del análisis que se deriva de este arreglo (caso ideal), la amplificación en la señal (A) de entrada está dada por

$$A = 1 + \frac{R_2}{R_1}$$

Filtros activos pasa alta

Los filtros pasa alta, de forma contraria a los pasa baja, muestran una respuesta en frecuencia como la que se representa en la figura 5, al “filtrar” señales (o componentes de

una señal) con frecuencias por debajo del valor de referencia denominado **frecuencia de corte**. Un diseño básico de este tipo de filtros es el mostrado en la figura 6 y su disposición permite un análisis de la señal de forma similar al del filtro pasa baja.

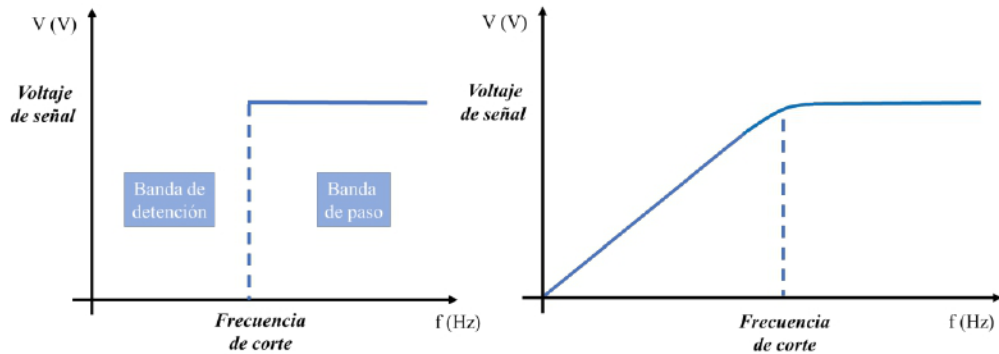


Figura 5. Respuesta en frecuencia de un filtro de paso alto ideal (izquierda) y real (derecha).

Lo que se pueda obtener como señal de salida en un filtro pasa alta va a depender de la señal que se tenga en la entrada no inversora del AO (figura 6). La situación es contraria a la descrita en la sección previa por el orden de los elementos en el arreglo RC (figura 6).

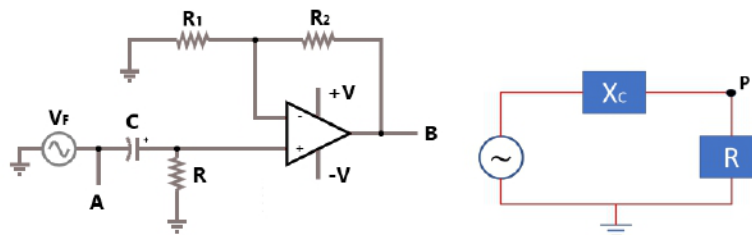


Figura 6. Circuito básico de un filtro activo pasa alta (izquierda) y el circuito RC correspondiente que controla la señal a la entrada no inversora del AO (derecha).

Explorar el funcionamiento de este tipo de filtros permite al experimentador, además de conocer la herramienta y su manejo, evaluar la pertinencia de su uso al enfrentarse a un problema que implique trabajar con señales eléctricas o equivalentes.

Herramientas a utilizar.

Opción A: osciloscopio de bajo costo, generador de frecuencia, amplificador operacional LM741, protoboard, resistencias (10 k Ω (3) y 22 k Ω (1)), condensador electrolítico de 10 nF (1) y baterías de 9 V (2).

Opción B: Espotek Labrador, amplificador operacional LM741, protoboard, resistencias (10 k Ω (3) y 22 k Ω (1)), condensador electrolítico de 10 nF (1) y baterías de 9 V (2).

Exploración

Para las exploraciones que propondremos es necesario que identifique los distintos puntos de conexión del AO LM741 según lo describe el fabricante en la hoja técnica (figura 7). En la siguiente imagen mostramos los pines del LM741 y una descripción de cada uno, en referencia a su representación esquemática.

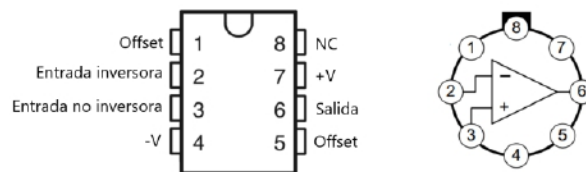


Figura 7. Identificación de los pines del AO LM741 (izquierda) y su correspondencia con la representación esquemática del dispositivo (derecha).

Parte 1. Filtro pasa baja.

Arme el circuito de la figura 8 utilizando los materiales que tiene a su disposición. En esta primera parte utilice para R, R₁ y R₂, las resistencias de 10 k Ω . Nota: Antes de hacer cualquier conexión a la fuente de alimentación (generador de señales), revise sus conexiones para evitar cualquier daño.

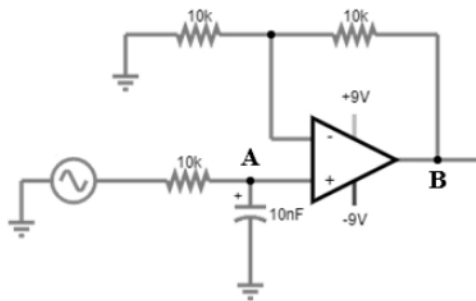


Figura 8. Circuito esquemático de un filtro activo básico pasa baja.

Realice el cálculo de la frecuencia de corte utilizando los valores propuestos. Tomando este valor como referencia, diseñe un procedimiento que le permita evaluar lo que sucede a la señal de salida (señal en B) al realizar un barrido de frecuencias para una señal del generador de frecuencias (1,0 V). Para caracterizar las señales de entrada y salida utilice el osciloscopio de bajo costo.

Compare, en el rango de frecuencia elegido, las tensiones de la señal de entrada (señal en A) y la señal de salida (señal en B). Grafique los resultados obtenidos y comente al respecto.

Elabore la curva de respuesta que tendría el arreglo RC en la entrada no inversora para el rango de valores que eligió. ¿Coincide la señal de salida del AO con lo que sugiere el modelo filtro activo pasa baja propuesto? Sustente su respuesta.

Parte 2. Filtro pasa alta.

Arme el circuito que se muestra en la figura 9.

A partir de los valores sugeridos para el filtro pasa alta elija un rango de frecuencias, alrededor de la frecuencia de corte, que le permita observar los cambios que genera a una señal de entrada. Elabore la curva teórica de la tensión de la señal en la entrada no inversora y compárela con lo medido en el circuito (regule la señal del generador a 1,0 V). ¿Coincide con lo esperado? Comente al respecto.

En el filtro activo pasa alta que se propone, la relación que hay entre R_1 y R_2 permite modular la amplitud de la señal (amplificar) que se obtiene como salida (señal en B). Si para el rango de frecuencia que eligió conoce el comportamiento de la tensión de entrada del AO, elabore una predicción (gráfica) de la tensión de salida.

Mida la tensión de salida para el rango de frecuencia que eligió y grafique el residuo entre la tensión medida y la calculada según su predicción. Comente al respecto.

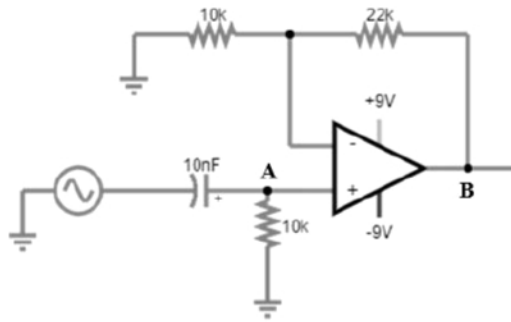


Figura 9. Circuito esquemático de un filtro activo básico pasa alta.

Un momento de reflexión

La exploración que ha realizado de los filtros activos de señal “pasa baja” y “pasa alta” pone al lector en la posibilidad de derivar algunas conclusiones sobre su comportamiento y decidir en cuáles casos sería útil aplicarlo para el tratamiento de información. De igual manera, puede hacer una extensión de sus observaciones a otras situaciones que requieran del uso de filtros para procesar señales con otros requerimientos. En vista de esto le planteamos una serie de cuestionamientos que le permitirá reflexionar sobre lo observado y quizás ampliar su panorama al respecto.

¿La razón a la que se atenúa la señal de salida a través del uso de un filtro pasa baja, a medida que se aumenta la frecuencia de la señal de entrada, se verá influenciada por qué el factor de amplificación? Si tuvieses que responder a este cuestionamiento, ¿cómo harías para recolectar evidencia al respecto? Describe el procedimiento que propones.

En algunas ocasiones puede ser de interés obtener información no solamente lo que provee una señal “por arriba” o “por debajo” de cierta frecuencia, sino de un rango específico de frecuencias. ¿Consideras que este tipo de filtros se puede utilizar en una situación donde se requiera información de este tipo? De pensar en una alternativa, ¿cuál sería? Describe tu propuesta.

EVALUACIÓN DE LA ACTIVIDAD – 3

La estructura, de cada actividad de la secuencia, toma como punto de partida los cuestionamientos de la evaluación CIPP propuesta en la metodología. Se trata de la pertinencia de la actividad y los distintos momentos que la estructuran. Gira en torno a cuatro elementos: *contexto*, *entrada*, *proceso* y *producto*. Para ilustrar, mostraremos una orientación posible del desarrollo de la **Actividad – 3**. Comentaremos, a lo largo del desarrollo, si los objetivos que se esperan obtener en cada elemento se pueden lograr, haciendo hincapié en los posibles obstáculos que pueda encontrar el estudiante.

Un aspecto que se debe considerar durante el desarrollo de una actividad experimental es la contextualización. Esta permite al estudiante volcar su andamiaje de ideas previas y esquemas mentales, producto de su formación o experiencias y además que son pertinentes, al momento del abordaje de una situación problemática, vinculada en este caso con el tratamiento de la información (filtrado de frecuencias) que se obtienen de un fenómeno natural (sonido).

EVALUACIÓN DEL CONTEXTO

¿Habrá necesidades específicas al contexto de la enseñanza de la Física, a nivel de licenciatura, que el docente debe atender?

La comprensión tanto del *contexto en que se* da el aprendizaje de la Física como de la dinámica que tiene lugar entre los distintos factores que pueden jugar un rol en los resultados que se pueden obtener, sirven al docente como guía en la toma de decisiones. Es fundamental ser conscientes de las necesidades que requieren de un mayor esfuerzo en la estructuración de una didáctica de la disciplina y superar aquellos obstáculos que pueden aparecer durante la implementación. En este sentido, la actividad que proponemos está orientada a promover el desarrollo de aquellas competencias (científicas y tecnológicas) que se espera formen parte del perfil de un estudiante de Física, como respuesta a una necesidad palpable mostrada por el contexto que describe las prácticas de enseñanza en la institución. Partimos de la realidad a la que se enfrenta la población estudiantil, en cuanto al restringido o nulo acceso a instrumentación especializada para la visualización y/o

caracterización de señales eléctricas (sensores, osciloscopios, PC, softwares), y otros obstáculos de distinta naturaleza (conceptuales, procedimentales y actitudinales) que representan barreras en el proceso.

La necesidad de promover competencias científicas y tecnológicas, más allá de un cuerpo de conocimientos desvinculado de la realidad y el manejo de instrumentación sin reflexión sobre los principios físicos implícitos en su funcionamiento (lógica de operación), llevó a reflexionar sobre la pertinencia de integrar tecnologías de bajo costo (por ejemplo RPi 4) en el estudio de señales para obtener la información del medio o del fenómeno estudiado, de la cual es portadora la señal. Su uso brinda a docentes y estudiantes acceso a experiencias, con material y equipo subutilizado (y hasta muchas veces menospreciado en nuestro país por su bajo valor comercial), sin comprender el abanico de posibilidades que se tiene con su integración a los procesos de aprendizaje y la fiabilidad de los resultados que provee, evidenciado por los resultados que reporta la literatura.

¿Cuáles son los obstáculos básicos que forman parte del contexto en la implementación de este recurso? ¿Pueden ser superados?

El contexto didáctico donde se plantea integrar el recurso RPi 4 como solución, planteaba tres obstáculos principales:

1. La falta de recursos económicos para la compra, actualización y mantenimiento de equipo de laboratorio con fines experimentales.

¿Puede ser superado este obstáculo? En la actualidad se tiene acceso a material multipropósito de muy bajo costo como resultado de la globalización y la masificación tecnológica por ejemplo la RPi, la placa Espotek Labrador, sensores de magnitudes físicas, dispositivos electrónicos de acoplamiento, software, etc. Este equipo y material demanda conocimientos y práctica. Además, el ingenio y la capacidad de resolver problemas de este tipo, ha permitido superar el obstáculo económico, logrando que se pueda construir con los equipos y dispositivos señalados sistemas de adquisición de datos, equivalentes a los de uso convencional, por una fracción de su precio.

2. La creencia de que no se puede hacer Física, a nivel universitario y de buen nivel si no se cuenta con equipamiento de alta tecnología (de última generación) y de

software especializado para el tratamiento de la información (caracterizado por licencias onerosas) es compartida por la mayor parte del cuerpo docente y de estudiantes.

¿Puede este obstáculo ser superado? La literatura refleja el estado del arte de la actividad experimental en Física y otras áreas, donde el uso del software libre y de código abierto, y el desarrollo de equipo de alta tecnología y de bajo costo ha ganado campo. Evidencia de esto es el aumento de las contribuciones con trabajos de divulgación científica en esta línea. En este sentido, debe acentuarse la intención de los actores del proceso educativo de evaluar alternativas que permitan suplantar la idea equivocada de que solo altas inversiones y recursos en alta tecnología, garantizan calidad científica en Física.

3. La carencia de habilidades tecnológicas (superables) por parte de los estudiantes para el uso de sistemas informáticos, de las TIC con fines educativos y falta de motivación para aprender el manejo de lenguajes de programación (C++, Python, etc.) ampliamente difundidos y utilizados en instituciones de formación científica y tecnológica en países con mayor grado de desarrollo.

¿Puede ser superado? Los beneficios de la tecnología se mantendrán en el tiempo, como lo es el uso de sistemas informáticos y todo aquello que tiene vinculación con un uso adecuado de softwares para fines educativos, en Física. El acceso a la información (tutoriales, cursos, manuales de operación, etc.) ha facilitado la adopción de diversas tecnologías en nuestras actividades, por lo que solo será un obstáculo en la medida en que los usuarios así lo decidan. Si se ha aprendido a aprender, no se trata de ser experto en todo, sino de cada vez aprender y tomar de la tecnología lo que nos puede ser de utilidad. En el caso de esta actividad, los códigos para armar un osciloscopio funcional con fines educativos, los manuales de operación de la placa Esptek Labrador o aquellas aplicaciones de simulación en línea que se utilizan como apoyo, están libres, a disposición de la población, en diversos medios (internet, libros, etc.) como parte de la contribución de grupos de desarrolladores.

EVALUACIÓN DE LA ENTRADA

¿Es la idea de integrar el recurso RPi compatible con la misión educativa y con los recursos disponibles en el contexto nacional actual?

En Física convergen, en una primera aproximación, un conjunto de conocimientos y de procedimientos que lo diferencian de otras disciplinas. Como disciplina de los fenómenos naturales con “estructura matemática”, muestra una vinculación característica entre la actividad experimental y la dimensión conceptual, que va más allá de verificar o demostrar conceptos y/o modelos matemáticos (no es matemática, no es empirismo). Sus prácticas no se remiten a marcos inamovibles o rituales dogmáticos, por el contrario, es flexible en cuanto al método elegido y la interdisciplinaridad, para la generación de conocimientos, lo cual ha permitido una rápida evolución de esta ciencia en el tiempo. Esta idea se extiende al campo de la didáctica, donde la adopción de las TIC con la intención de promover el desarrollo de habilidades procedimentales y actitudinales propias de la Física y su aplicación en múltiples dominios ha reflejado resultados favorables en los programas de formación. En este sentido, siendo un país favorecido por el fácil acceso a diversas tecnologías y a internet, el uso de la RPi4 y el aprovechamiento de sus prestaciones es viable en el contexto actual.

El equipo con el que se sugiere desarrollar esta actividad está disponible para el uso de los estudiantes (por ejemplo, generador de señales, entre otros). Sabemos que hay en los espacios de laboratorio, aunque en reducidas cantidades y no necesariamente en óptimas condiciones. De no contar con la instrumentación necesaria en el espacio-laboratorio, sugerimos usar material que se puede conseguir en la localidad o mediante compras en línea, sin la necesidad de incurrir en grandes gastos, por lo que es viable en un contexto como el nuestro.

¿Posee el equipo la posibilidad de brindar las condiciones para el desarrollo de las competencias tecnológicas y científicas necesarias para la implementación y debida adaptación didáctica del recurso RPi?

Para obtener información competente de los sistemas de filtración de frecuencias (pasa bajo y pasa alto) son necesarias ciertas competencias tecnológicas y científicas por parte del docente y del estudiante. La exploración de estos sistemas requiere tomar

decisiones en torno al método, teniendo como información de partida la que brinda un modelo físico basado en el comportamiento de un circuito RC en corriente alterna, y el conocimiento de la herramienta que ha de utilizar para caracterizar cada filtro. La elección de la herramienta está ligada a las posibilidades del instrumento (principalmente en sus limitantes) y al conocimiento en el manejo adecuado de la herramienta, entre otras, por lo que debe poseer ciertas competencias experimentales básicas que los sistemas de formación iniciales (escuela primaria y secundaria) no han necesariamente promovido. Una mediación del docente que reflexiona sobre los procesos de aprendizaje en Física, acorde con los enfoques didácticos vigentes y consciente del contexto y la realidad de los estudiantes, puede establecer los puentes necesarios para el cumplimiento del objetivo de la actividad.

Para tener un panorama de las competencias del estudiante que requiere el uso del equipo, se procedió a realizar un registro de datos utilizando los materiales de la opción B, enfocando la exploración en identificar los posibles obstáculos que puede encontrar el estudiante con el uso de esta herramienta.

A continuación, presentamos los resultados obtenidos de la exploración de los filtros, utilizando los arreglos básicos sugeridos (figura 1 filtros activos pasa baja y pasa alta). En nuestro caso, trabajar con la lista de materiales de la opción B, permite utilizar como generador de señales y osciloscopio la placa Espotek Labrador, sabiendo de que no todos los laboratorios de Física cuentan con estos equipos.

Con los valores sugeridos para las resistencias y condensadores de ambos circuitos se hizo una estimación de las frecuencias de corte (cerca a los 1,6 kHz), por lo que la caracterización de las señales a la entrada y salida del AO se enfocó en observar lo que sucedía alrededor de ese valor, utilizando como información de entrada una señal sinusoidal de 1,0 V.

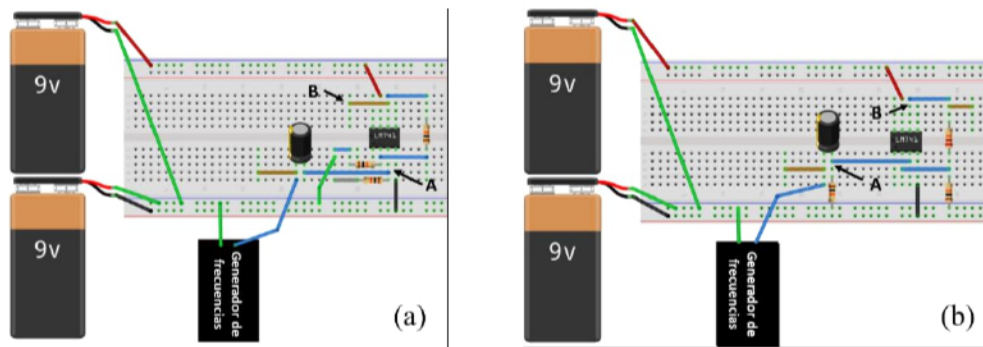


Figura 1. Montaje experimental de los filtros de pasa baja (izquierda) y pasa alta (derecha) utilizados en la exploración.

En la exploración del filtro activo pasa baja, se decidió hacer un barrido de frecuencias de 100 Hz a 10 kHz, para tener información de los cambios que experimenta la respuesta del filtro a la señal de entrada que va de un orden de magnitud por encima y por debajo de la frecuencia de corte.

Los principios físicos que rigen el comportamiento de este tipo de filtros activos permiten al experimentador, con la información (señal) que entra al AO (entrada no inversora) obtener una señal filtrada a la salida. Del análisis del arreglo RC, se conoce que la señal de entrada al AO (V_A) tendrá un comportamiento de la forma

$$V_A = \frac{1}{1 + 2\pi fRC} V_g$$

donde V_g representa el voltaje de la señal del generador de frecuencias. Por otra parte, dados los valores de resistencia, se esperaría a la salida, una señal duplicada en amplitud y en fase con la de entrada.

Más allá de la obtención de datos y los posibles resultados que se deriven de su análisis e interpretación, es importante destacar un primer obstáculo para el estudiante: el montaje del diseño experimental. Plantea la necesidad de hacer la transición entre una representación esquemática y un montaje real. Eso significa conocer las reglas de operación del sistema de generación y captación de información, lo que implica el manejo de ciertas habilidades técnicas y conceptuales que debe poseer de su formación previa.

El registro de la amplitud (voltaje) de la señal en los puntos A (entrada al AO) y B (salida del AO) obtenidos del barrido de frecuencia para una señal de 1,0 V se muestran en la gráfica de la figura 2 (elaborada con Qtiplot). En este punto, el uso de software libre para el procesamiento de datos y modelado matemático, por ejemplo, Qtiplot, se convierte en una herramienta de apoyo al estudiante en su descripción del fenómeno.

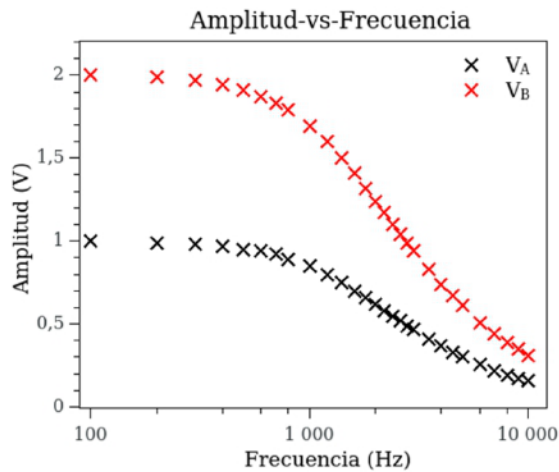


Figura 2. Señales de entrada al y salida del AO con el filtro pasa baja.

En la descripción del fenómeno es pertinente graficar los valores normalizados de las señales a la salida y entrada del AO (para verificar si el dispositivo AO solo amplifica y no genera alguna dependencia con la frecuencia). Además, es adecuado comparar la curva teórica que corresponde al modelo ideal (AO ideal) de filtro pasa baja con la señal obtenida con un AO real (LM741). Esta, entre otras informaciones, le sirve de base para describir el procesamiento de la información con filtros. De forma análoga, la exploración del filtro pasa alta presenta los mismos obstáculos para el estudiante, por ello no se presentan los resultados de su exploración.

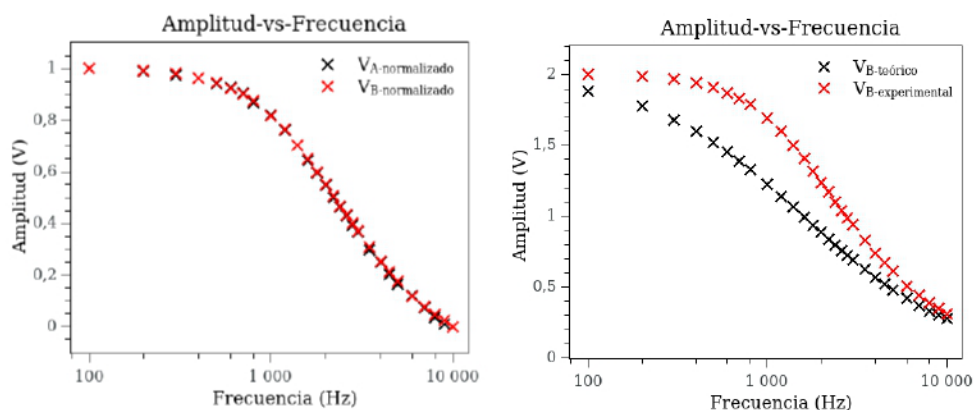


Figura 3. (a) Datos normalizados de voltaje a la entrada y salida del AO. (b) Comparación entre la curva teórica y la experimental (respuesta a la salida del filtro activo pasa baja).

Hasta este punto, es evidente que la implementación de este recurso puede presentar ciertos obstáculos para el estudiante, en el sentido de que pone a prueba competencias vinculadas con la actividad experimental (montaje de arreglos experimentales, control de variables, modelización matemática de fenómenos y comunicación de resultados) y otras tecnológicas (manejo de computadores como la RPi y softwares de distribución libre (Quitplot, entre otros)) que en su formación previa no se desarrollaron de forma adecuada.

En vista de lo anterior, hay que destacar que debido a familiaridad que tienen los estudiantes con los recursos tecnológicos, la transición del uso cotidiano de estos al ámbito experimental (educativo) es viable; por el contrario, las falencias en competencias científicas se deben abordar a través de la intervención docente, al utilizar su conocimiento de la disciplina y los procesos propios de la Física para hacer transposiciones y adecuaciones del conocimiento asociado a estas tecnologías, de acuerdo a las características y contexto de los aprendices.

¿Puede integrarse estos recursos a un programa atractivo para los docentes y estudiantes de las licenciaturas en Física?

Vivimos en una Sociedad donde el acceso a la información es fácil y abrumador y donde el uso de nuevas tecnologías atrae la atención de la población, sobre todo la más joven. Este aspecto puede ser utilizado a favor del aprendizaje de la Física. Se podría partir de la filosofía común, en construcción, que comparten la RPi y los celulares

inteligentes, en el sentido de que cuentan con numerosas potencialidades tecnológicas e informáticas en un espacio reducido (computador, controlador remoto de sensores, internet, servidor de datos, transductor, etc.).

Una integración del recurso que sea de provecho para efectos del aprendizaje de la Física requiere de una debida transposición didáctica de los conocimientos y/o desarrollos a los que se tiene acceso en la literatura por parte del docente, generando oportunidades en el desarrollo de competencias al motivar al estudiante utilizando uno de sus intereses más comunes, la tecnología. Crear conciencia de que el conocimiento y uso consciente de la tecnología permite avances en las áreas científicas y viceversa, a través de la elaboración de propuestas, planificación y evaluación de soluciones a problemas que integren este recurso, como los propuestos al final de cada actividad (*Un momento de reflexión*), brindaría espacios en los que pueden extenderse sobre los beneficios de la tecnología, desarrollar competencias acordes a lo que necesita el sistema de formación actual y generar conocimiento.

EVALUACIÓN DEL PROCESO

¿Son aceptables las condiciones del entorno?

El estudiante no es un ente solitario de un espacio aislado, en el que se comparten aspectos tangibles (estructuras, equipamientos, etc.) e intangibles (modas, creencias, significados, etc.). La motivación que tenga por la Física como Ciencia y la comprensión del marco de trabajo que la define, va a estar determinada por el vínculo entre las prácticas de aprendizaje y la respuesta que pueda dar a necesidades propias de la comunidad y su entorno inmediato. En nuestra sociedad, hace poco más de una década, no era evidente una intención del entorno de presionar a su población hacia el desarrollo de conocimientos y competencias, sino que sólo se delegó la educación de los jóvenes a las casas de estudio (escuelas), una tarea formativa sin participación de otros actores.

En un nuevo escenario debido a la COVID-19, la necesidad de dar continuidad a los procesos educativos (también el nuevo escenario reflejado en otros contextos) movilizó una serie de intenciones encaminadas a fortalecer y apoyar los procesos de aprendizaje, que se reflejaron directamente, en cambios, por ejemplo, de participación de diversos

actores de las comunidades en el proceso educativo y el comportamiento de diversos elementos del entorno. Se pudo experimentar un impacto social positivo pero parcial de estas acciones (ligados a la virtualidad), no del todo favorables a una educación moderna, por el hecho de que las TIC, en todas sus dimensiones, no formaban parte de una necesidad que el entorno y sus partícipes vincularan con el proceso educativo.

La nueva realidad del aprendizaje en Física en Panamá y el mundo mostró un escenario de transformaciones que la Sociedad Global ha aceptado como necesario, al movilizar conocimientos y competencias comúnmente ligados a las tecnologías, hacia el campo educativo, viendo en recursos como RPi, condiciones favorables para el desarrollo del entorno social, a corto y mediano plazo. Su bajo costo y posibilidades han sido bien valorados en otras latitudes, y tenemos confianza de que nuestra propuesta, con apoyo y contribución de los docentes de Física y otras disciplinas, tendrá igual o mejor efecto en la población de estudiantes.

¿Son los elementos reales del programa que se desea integrar aceptables según la intencionalidad de su integración?

Los elementos de la actividad están alineados con su intención, lo que se plasma de forma tácita y explícita para los estudiantes en términos de la competencia que se desea conseguir: “Diseñar un sistema para filtrar, dentro del registro de una señal eléctrica, aquellas componentes que no forman parte de su interés, utilizando como base circuitos que contemplan arreglos de elementos electrónicos con principios físicos conocidos y amplificadores operacionales”. Cada momento de la actividad se propone en torno a una situación problemática real, donde un primer momento de aproximación (***Descripción del problema***) permite al estudiante movilizar un andamiaje de conceptos y habilidades experimentales que se han ido trabajando a lo largo de los cursos previos de la carrera y en su formación inicial, para elaborar una estrategia de trabajo, donde el éxito o fracaso dependerá de su desempeño individual y la calidad de la interacción entre pares y con el facilitador en los momentos de investigación.

El alcance de la competencia perseguida con esta actividad se verá reflejado en la medida que pueda extrapolarla a una nueva situación problemática pensada con tal intención (***Un momento de reflexión***), demostrando un espíritu crítico y valorativo a través

de su reflexión de la situación, por lo que consideramos que si hay un vínculo entre los elementos de la estructura de la actividad y su intencionalidad.

¿Son las condiciones y obstáculos imprevistos en su integración aceptables y/o superables?

Las condiciones que se requieren para llevar a cabo esta actividad no están sujetas a un espacio físico definido o alguna necesidad especial para el funcionamiento si se trabaja con la placa Espotek (opción B). La portabilidad de la RPi y de los otros dispositivos que se requieren, dan la facilidad al usuario de trabajar en múltiples espacios y condiciones, por lo que no es una limitante que no se pueda superar. Obstáculos imprevistos con la operación, montaje o cualquier otro, pueden ser superables mediante la supervisión, trabajo colaborativo u otro mecanismo (depende de la situación). En este sentido, la actividad 3, al igual que las demás de la secuencia, fueron pensadas para ser flexibles y contemplan alternativas para superar los obstáculos que fueron identificados en líneas anteriores, donde no se le expone a una situación que no pueda dar frente con las herramientas que ha formado en sus años iniciales de academia.

EVALUACIÓN DEL PRODUCTO

¿Son los resultados, tanto esperados como no, aceptables?

Los obstáculos que se observaron a lo largo de la exploración del recurso muestran que existe un largo camino por recorrer si se desea reducir la brecha que existe entre el grado de integración de recursos tecnológicos, con fines de formación en Ciencias y su aplicación a campos de investigación para nuestra población, y lo que la literatura refleja en otras latitudes. La tradición de formación a nivel universitario en las licenciaturas de Física se ha enfocado hacia modelos de aprendizajes tradicionales, con poca integración de las TIC y de la didáctica de la disciplina, sin embargo, se observa en el contexto educativo de nuestra región cierta tendencia a la adopción de estos recursos por ser más cónsonos con la realidad socio económica de su población.

Hay resultados negativos que pudieran parecer poco favorables, pero muestran un panorama de debilidades que es posible y necesario superar. Una planificación y orientación de actividades y contenidos, orientadas al logro progresivo de estas

competencias lo hace aceptable. Por dar un ejemplo, un primer acercamiento al lenguaje Python se puede hacer a través de códigos acabados, donde el estudiante haga una revisión de los códigos y reflexione sobre la acción asociada a cada línea de comandos, y de allí en adelante pueda hacer modificaciones que desee hacer en su sistema de captación o procesamiento de información. Por otro lado, los resultados esperados del recurso cumplen, y hasta superan las expectativas, proveyendo un sinfín de posibilidades limitadas a la creatividad. Esto lleva a pensar que la frase “no se puede hacer Física sin recursos” pierde total sentido en este nuevo escenario que proveen las tecnologías emergentes. El sistema con el que se trabajó permitió hacer la captura y procesamiento de información con un rango de precisión aceptable entre una medida y otra, demostrando que no por carecer de la precisión con que cuenta comúnmente la instrumentación de alto costo, se pierde calidad en el proceso de aprendizaje.

Institucionalizar el programa y la evaluación del producto llevada a cabo

En enseñanza, las estrategias infalibles no existen. La exploración del recurso y sus prestaciones, a lo largo del desarrollo de una actividad que forma parte de una secuencia enfocada al estudio de las señales, muestra evidentes bondades de su integración en cuanto a lo que se pretende que el estudiante desarrolle. Una planificación pensada en conformidad con los distintos momentos que deben estructurar una práctica didáctica, sumada con los aprendizajes que se pueden derivar en el dominio tecnológico con la integración del recurso, hacen de la RPi un elemento a considerar como apoyo en el acto docente. Con esto en mente, se quiso compartir una experiencia que durante el transcurso de su desarrollo mostró cualidades con alto grado de compatibilidad con lo que hacemos, lo que deseamos y lo que debemos hacer en nuestra intención de mejorar la calidad del proceso educativo que ofrecemos.

ACTIVIDAD – 4

COMPETENCIA

Identifica los aspectos fundamentales del proceso de conversión de una señal análoga a una señal digital, para el trabajo con sistemas informáticos cuando se procesan señales (información) con origen en los fenómenos naturales objeto de estudio, teniendo como criterio de análisis y reflexión, modelos físicos.

Los avances tecnológicos a los que tenemos acceso hoy día, como un resultado directo de la inventiva humana, nos permiten cuantificar propiedades características ciertos fenómenos naturales a nuestro alrededor; algunas de estas propiedades son perceptibles por los sentidos, pero la subjetividad de estas sensaciones nos ha llevado al punto de crear dispositivos que transformen dichas propiedades en valores numéricos a través de una transducción. Ver la lectura de un termómetro digital cuando nos sentimos con fiebre, la de un oxímetro para conocer la saturación de oxígeno en sangre, la de un manómetro digital cuando vamos a una cita de control al pasar por la estación de selección y clasificación (“triage”) para conocer nuestra presión arterial, entre otras medidas que podemos tener a través del uso de sensores, nos es tan común que no pensamos en cómo un dispositivo electrónico “digital” puede presentar un resultado numérico de una información de naturaleza “análoga”. Uno podría preguntarse ¿por qué es necesario digitalizar la información? Una posible respuesta, alineada con el propósito perseguido en esta actividad, es que los sistemas informáticos que comúnmente utilizamos para procesar la información o cuantificar una variable, no pueden procesar señales análogas directamente.

La información analógica presenta una dificultad para su procesamiento y es que para ser representada de manera “exacta” requiere de una cantidad (casi) infinita (además cuasi continua) de estados posibles, lo cual a su vez exigiría un número (casi) infinito de números; esto en términos de capacidad de procesamiento no es posible para un computador por muy potente que sea. Esta dificultad se ha podido resolver mediante un control de la cuantización, es decir, aproximar mediante un nivel tomado de entre una cantidad “finita” de niveles o canales posibles. Esta idea nos plantea la necesidad de

comprender cómo se puede iniciar la transformación de información de naturaleza analógica (señales analógicas) a su representación cuantizada equivalente (señal digital), como se muestra en la figura 1. Como etapa inicial. para este propósito utilizaremos un método básico de conversión directo de señal analógico-digital que utiliza como base el funcionamiento de un amplificador operacional (AO) como comparador.

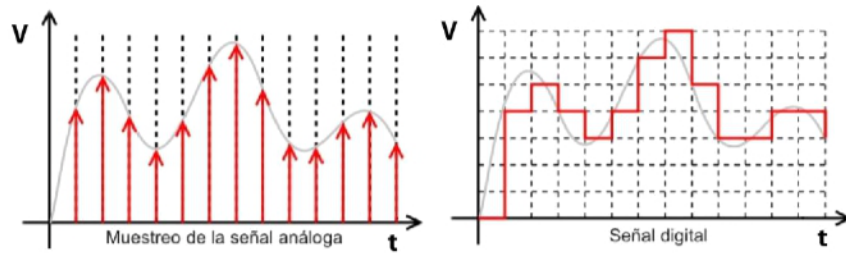


Figura 1. Ejemplo del muestreo de una señal analógica (izquierda) cuya altura de pulso se asocia un número n de escalones subidos por la señal de rastreo en un intervalo de tiempo llamado barrido (número del canal indicado por el número de divisiones en Y) o sea su correspondiente conversión a señal digital (derecha).

Un AO (amplificador operacional) es un dispositivo amplificador electrónico que está compuesto internamente por una gran cantidad de transistores (figura 2) que permite controlar corrientes y voltajes, dando como resultado su comportamiento característico. En un AO se pueden distinguir 2 entradas y una salida de señal, además de dos puntos de alimentación, positiva y negativa (figura 2). La configuración de las conexiones en las entradas y salida define el comportamiento del circuito.

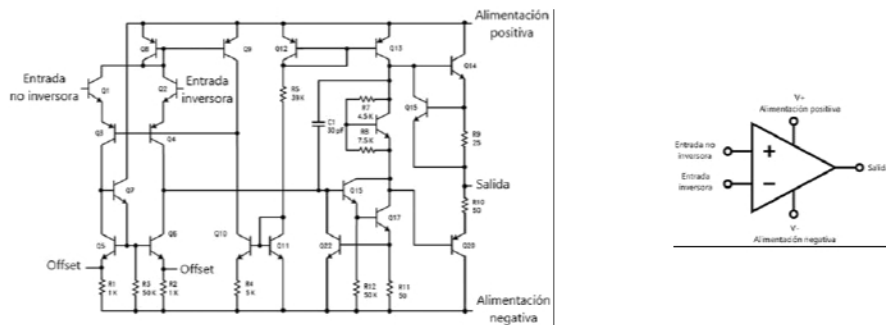


Figura 2. Circuito interno de un amplificador operacional (izquierda) y sus entradas y salidas características (derecha).

Su aplicación como un comparador consiste en trabajar con dos señales, una de referencia (de tipo reloj con avance secuencial en escalera administrado por el amplificador lineal) y otra que ha de ser comparada con la referencia (entradas inversora y no inversora, respectivamente), de tal manera que la salida brinde una señal de voltaje que indique la relación de orden (altura de pulso) entre las dos entradas. La relación de orden entre las señales de las entradas inversora y no inversora “cortocircuita” (por dar una denotación) la alimentación positiva o negativa del AO, siendo la señal de salida el equivalente a un “mayor que” o “menor que”.

A través de una actividad un estudiante puede tener un panorama general del proceso de conversión y procesamiento de la señal mediante sistemas informáticos. Hay que recordar que el físico, durante su trabajo de develar las reglas de operación internas de un fenómeno natural, utiliza la tecnología y conocimientos que estén a su alcance y formen parte de su dominio de comprensión, por lo que entender cómo se da este proceso lo acerca un poco a su meta de interpretar y controlar su entorno.

Herramientas y materiales recomendados

- | | |
|---------------------------------------------------------------------------|--------------------------|
| ✓ Baterías de 9,0 V (2) | ✓ Amplificador LM741 (4) |
| ✓ Portabaterías para baterías AA | ✓ LEDs (4) |
| ✓ Espotek labrador | ✓ Protoboard |
| ✓ Resistencias: 1,0 k Ω (4), 5,1 k Ω (1) y 440 Ω (4) | |

Realizar un proceso de exploración

Sugerimos exploraciones en tres partes. Se puede tener un panorama general del comportamiento de un amplificador operacional con una configuración llamada de “lazo abierto” o “sin retroalimentación” y reflexionando sobre el principio físico básico tras el proceso de conversión de la naturaleza de la información (análogo a digital).

AO con entradas en DC.

Cuando se utiliza un AO como el LM741 en configuración de lazo abierto, la relación entre los potenciales en las entradas inversora y no inversora definen el

comportamiento de la señal de salida. Partiendo de este tipo de arreglo se puede explorar el comportamiento de la señal de salida del AO, al manipular la relación de orden entre los potenciales a las entradas mediante el uso de un “porta baterías” de 3,0 V. Para esta exploración se arma, sobre un protoboard, el circuito que se muestra en la figura 3.

El usuario debe reflexionar sobre la estrategia utilizada para conocer el comportamiento de la señal de salida, en términos de corriente o voltaje, o del encendido o no del LED. Por ejemplo, si invierte la polaridad del LED en el circuito y centra la observación en el comportamiento del AO obtiene la misma información. Se toma pues como referencia el comportamiento de un LED para la circulación de la corriente.

Con la información que se obtiene, se describe el comportamiento que tiene la señal de salida de un AO en este tipo de configuración. Se puede usar para esa descripción una representación gráfica o hacerlo de forma narrativa escrita.

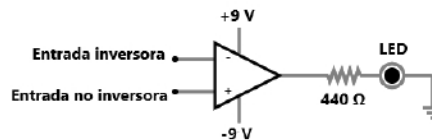


Figura 3

AO con entradas en AC.

Elaborado un modelo del comportamiento del AO LM741 en lazo abierto se puede predecir el comportamiento que tendría la señal de salida del AO con una señal de entrada alterna (ver circuito de la figura 4). Con una señal de entrada sinusoidal prediga la forma que consideraría tendría la señal de salida. Representa ambas curvas, superpuestas en un mismo gráfico (se representa en un plano cartesiano).

Si arma el circuito de la figura 4 con la placa Espotek Labrador, la señal de entrada se obtiene con ayuda del generador de ondas de la placa (Signal Gen). Para observar la señal que llega a la entrada no inversora (punto A) y la correspondiente respuesta del AO, en tiempo real, se usan los canales del modo “Oscilloscope” de la placa. Las alimentaciones positiva y negativa provienen de las baterías de 9,0 V.

Al utilizar las dos entradas del osciloscopio para señales alternas, se debe habilitar las casillas “AC coupled”.

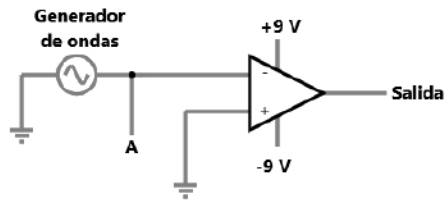


Figura 4

Se elige un patrón de onda sinusoidal en el generador, se configura a una frecuencia de 100 Hz, y se recomienda un voltaje de una amplitud de 2,0 V. **Para detener las señales, se habilita la casilla “Trigger”.**

¿Cambiaría la forma de la señal de salida si cambiamos la forma de la onda de entrada o la frecuencia?

Función de Comparador.

Arma el circuito de la figura 5 (se conecta el LED con dirección de circulación de corriente a tierra). Para la **señal de entrada** se usa la fuente de voltaje de la placa (power supply).

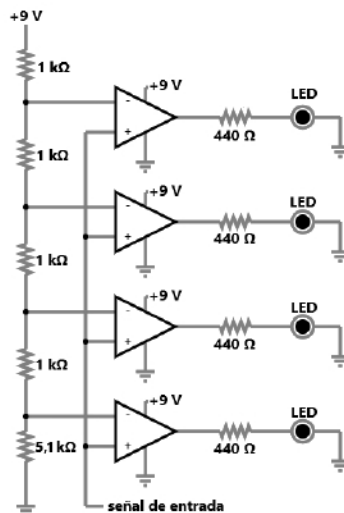


Figura 5. Ejemplo de circuito comparador.

En el circuito de la figura 5, las señales del AO en la entrada inversora corresponden con un potencial que suministra un divisor de tensión y la no inversora corresponde con la señal suministrada por la fuente de voltaje.

Una vez armado el circuito se hace un barrido de la señal de entrada desde el voltaje mínimo que puede suministrar la fuente (4,5 V) hasta los 9,0 V.

Partiendo de la idea de que los LEDs pueden estar encendidos o apagados (dos posibilidades - lógica binaria), 1 (encendido) para superior y 0 (apagado) para inferior.

Un momento de reflexión

Caso 1. Los sistemas informáticos actuales procesan información de 32 o 64 bits a altas frecuencias (necesarias para el reloj), y la cantidad de elementos que utiliza se han reducido en espacios que difícilmente podemos observar sin la ayuda de microscopios, por dar una idea. No es la intención simular el procesamiento de un sistema actual, pero si comprender la forma en que se realiza la transformación de la naturaleza de la información que nos proveen los fenómenos naturales. Utilizando la idea de un comparador para establecer una equivalencia entre una magnitud continua (análoga) y su equivalente representación discreta (digital) proponemos tomar una onda sinusoidal análoga y hacer sus representaciones para un sistema de conversión de 3, 4 y 8 bits. Al disminuir la cantidad de bits, ¿qué ocurre?

Caso 2. Los aportes que da la Física a la industria del desarrollo de dispositivos electrónicos han permitido reducir tamaños y costes de producción. Un ejemplo de esta carrera es la producción de dispositivos conocidos como MEMS (sistemas microelectromecánicos, traducido de sus siglas en inglés). Los principios de funcionamiento de estos dispositivos combinan fenómenos físicos conocidos y sistemas mecánicos, en su gran mayoría. Un ejemplo de estos son los sensores de presión capacitivos. Los investigadores Eswaran y Malarvizhi, compartieron en un artículo del 2013 algunos resultados obtenidos de caracterizar la variación de la capacidad eléctrica medida en función de la presión a la que era sometido, en un dispositivo como el mostrado en la figura 6 (artículo disponible en: https://www.researchgate.net/publication/286050549_MEMS_Capacitive_Pressure_Sensors_A_Review_on_Recent_Development_and_Prospective). Observando la respuesta capacitiva del sensor ante la variación de presión, ¿considera que la idea de un comparador es útil para digitalizar medidas de presión en un sistema como este? Sustente, de qué

manera podría hacer la transducción de la respuesta capacitiva del dispositivo a su presión equivalente.

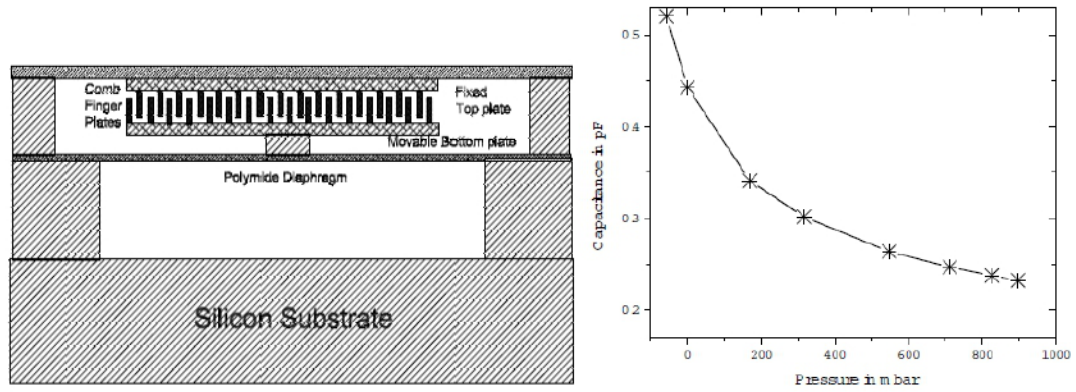


Figura 6. Diseño experimental (izquierda) y resultados obtenidos de la exploración del sistema (derecha).

ACTIVIDAD - 5

COMPETENCIA

Identifica alternativas a los métodos clásicos de protección contra el ruido (blindajes electromagnéticos) en los canales de transferencia de información, como una forma de utilizar las interferencias que se producen para depurar los mensajes (señales eléctricas), mediante el agregado de circuitos sumadores y restadores de señales.

Descripción del problema

Una de las funciones sociales más importantes del ser humano se logra con el establecimiento de canales de comunicación. Estos permiten un intercambio de información estructurada entre los individuos y ofrecen la posibilidad de compartir otros tipos de señales como las portadoras de deseos, vivencias, inquietudes, entre otros.

La forma en que interactúan diversas agrupaciones de seres vivientes es una evidencia de que esta actividad no es exclusiva de los humanos, por mencionar un ejemplo, los maullidos de un gato ante la presencia de una persona en su vecindad, en el momento que se les sirve comida, son una expresión de que el animal tiene hambre. Se podrían extender los procesos de comunicación de información al caso de objetos o máquinas, provocados de forma directa o indirecta por la acción humana (como el timbre que indica el final de la clase) y otros producidos como una respuesta de las condiciones de un computador, como puede ser una advertencia del peligro de un virus informático que se ha infiltrado.

Para comprender, de manera general, lo que se entiende comúnmente como comunicación, nos remitimos a dos fuentes consultadas con frecuencia: Wikipedia y el diccionario en línea de la RAE. Según la primera fuente *“es la acción consciente de intercambiar información entre dos o más participantes con el fin de transmitir o recibir información u opiniones distintas”* (Wikipedia, 2021), lo que implícitamente denota la necesidad de que los participantes puedan compartir significado; por el otro lado, la segunda fuente lo define como una *“Transmisión de señales mediante un código común al emisor y al receptor”* (Real Academia Española, 2021), haciendo hincapié en el hecho de

que la efectividad del intercambio de información va de la mano con que se comparta un código (verbal o no verbal). Sintetizando ambas definiciones podríamos decir que la comunicación es el proceso mediante el cual se produce un intercambio de información entre sujetos, emisor y receptor que utilizan un código común.

Hasta este punto el lector podría pensar ¿qué tiene que ver esto con Física? La respuesta es simple, la comunicación implica transferir información, y esta última puede estar vinculada a un fenómeno de la naturaleza en particular. En este punto queremos hacer énfasis no solo en la emisión o recepción del mensaje, sino en todo aquello que está de por medio y puede alterar la información.

Todo esquema cerrado de comunicación toma en cuenta los siguientes elementos: emisor, receptor, mensaje, código, estructura (gramática), canal y el contexto (Mheducation, 2021, pág. 9). De manera ideal, el emisor y el receptor utilizan un código común, un canal adecuado de fácil manejo para ambos y el contexto actúa de tal manera que no haya ambigüedad en los significados que forman parte del mensaje. Este esquema no toma en cuenta el hecho de que en la realidad pueden incidir elementos que impidan o dificulten la comprensión de los mensajes, a los que de forma general les llamamos ruido.

Dependiendo del tipo de información que se esté compartiendo, un ruido puede ser la falta de cobertura en un teléfono móvil, una hoja rota en un texto, el volumen bajo de la voz de alguien con quien conversamos, un sonido fuerte que no nos permite oír con claridad lo que nos están diciendo, etc. En cada una de estas situaciones buscamos la manera de reducir la incidencia de las fuentes de ruido, de tal manera que la información que se transmite se altere lo menos posible.

La información de naturaleza eléctrica normalmente se transmite a través de cables (canal). Al igual que sucede con todas las formas de transmisión de información, el ruido que se introduce tiene la misma naturaleza que la información (señal). En este sentido, si el cableado que utilizamos para transmitir información es expuesto a fuentes que intervengan e interactúen con la información que se propaga, el receptor obtiene información de la que no puede distinguir que es parte de la información original y que no, a no ser que conozca la forma de la señal original (figura 1); no tiene a priori un criterio de discriminación. Este escenario plantea la necesidad de proponer alternativas al problema

de cómo procesar información que porta ruido. En este punto el lector podría pensar que el blindaje del cableado es la solución (cableado coaxial), lo cual es cierto, pero no sería la única alternativa. Durante el desarrollo de esta actividad exploraremos alternativas que no tengan como base un blindaje del canal de transmisión de la información, sino una opción que parta del conocimiento y captación del ruido para su uso en el procesamiento de la información que se transmite.

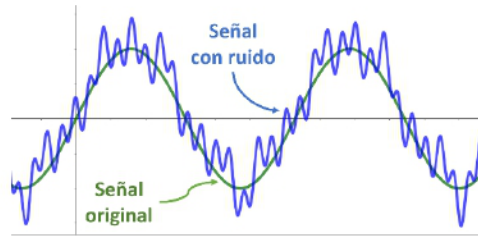


Figura 1. Comparación entre una señal sinusoidal pura y una con ruido inducido.

Dentro de las aplicaciones del amplificador operacional (AO) en el tratamiento de señales (información), está su uso como *sumador* o *restador* de señales. Estas configuraciones utilizan como base la realimentación de una de sus entradas, a partir de la señal de salida. Este tipo de conexión, ampliamente utilizado en los AO, se conoce con el nombre de “circuito de lazo cerrado” o “circuito realimentado”, y tiene como intención primaria generar una ganancia controlada (razón entre la señal de salida y lo que se tiene como entrada).

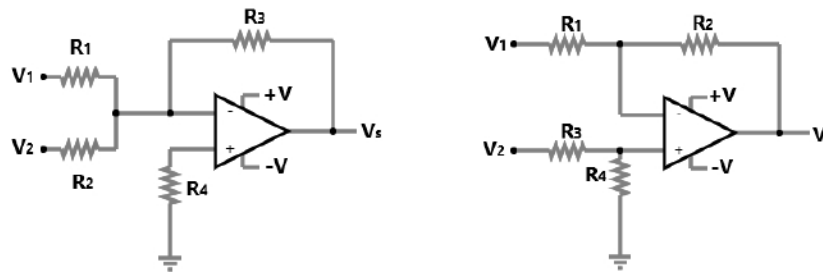


Figura 2. Circuito activo básico: sumador (izquierda) y restador (derecha).

En los circuitos realimentados se cumple de forma general dos reglas:

I. **Regla de Voltaje.** La salida trata de hacer lo que sea necesario para que la diferencia de potencial entre las entradas sea cero.

II. **Regla de corriente.** Las entradas de señal no admiten paso de corriente (impedancia infinita).

Estas reglas se derivan del análisis de un AO ideal, pero su cumplimiento en un AO real, como es el caso del LM741 o cualquier otro, se ajusta en buena medida a lo esperado.

Un circuito activo sumador, que llamaremos por simplicidad de aquí en adelante “**circuito sumador**”, permite tomar dos o más señales y superponerlas (sumarlas), además de dar la opción de modular las señales de entrada (controlando el valor de resistencia conectado a su entrada) para controlar en qué medida contribuirá cada una a la señal de salida.

Al aplicar las reglas de voltaje y corriente para este arreglo (figura 2) se obtiene lo siguiente

$$\frac{V_1}{R_1} + \frac{V_2}{R_2} = -\frac{V_s}{R_3}$$

En el caso más simple, donde no se quiera más ponderación a una señal que a otra, se toman valores iguales de resistencias, lo que reduce la expresión a la siguiente relación entre los voltajes

$$V_s = -(V_1 + V_2)$$

Este arreglo no está limitado a dos entradas, lo que permite tomar la cantidad de señales de entrada que se requiera y saber que la salida corresponderá a la superposición de las señales de entrada, pero invertida con respecto a su suma.

Por otro lado, el **circuito restador**, también llamado diferenciador, permite tomar dos señales de entrada y generar una salida que es la “diferencia” entre ambas. Al aplicar las reglas de voltaje y corriente para el circuito restador que utilizamos como referencia (figura 2), tomando el caso donde no se desee amplificar la diferencia entre las señales de entrada (igual valor de resistencia para R_1 , R_2 , R_3 y R_4), se obtiene lo siguiente

$$V_1 - \frac{V_2}{2} = -\left(V_s - \frac{V_2}{2}\right)$$

reordenando queda

$$V_s = V_2 - V_1$$

Estas configuraciones que le presentamos al lector muestran una alternativa para el Físico en aquellas situaciones donde requiera trabajar con dos o más fuentes de información de manera simultánea, de manera que el conocimiento del modelo asociado le permita tomar las decisiones adecuadas en función del problema que necesite abordar.

Herramientas y materiales a utilizar

Raspberry Pi

Simulador de circuitos disponible en la siguiente dirección: <http://falstad.com/circuit/>

Exploración

Una estrategia que ha permitido al Físico aprovechar de mejor manera el tiempo y recurso con el que se cuenta es el uso de simuladores. Las simulaciones computacionales permiten imitar el funcionamiento de procesos de un sistema real, tomando como base el conocimiento de las partes. Esto permite conducir experimentos con la intención de entender su comportamiento y evaluar estrategias.

Este tipo de recursos permite estudiar desde sistemas comunes hasta aquellos a los cuales no podemos tener acceso o control de las variables que lo conforman, por lo que será el medio para la búsqueda de una alternativa, y así utilizar a nuestro favor el ruido que se introduce en la información que se transporta.

Al acceder al enlace que se le compartió de un simulador en línea, se le desplegará una ventana con un circuito RLC de ejemplo (figura 3). En ella podrá acceder a distintos espacios y opciones disponibles en el simulador que describimos a continuación:

1. **Cinta de opciones:** aquí puede acceder a las opciones estándar (guardar, copiar, deshacer, etc.); un listado de elementos que forman parte de la base de datos que puede utilizar para armar circuitos según su necesidad (disponible en la opción “dibujar”); y una base de ejemplos de circuitos comúnmente utilizados en el campo de la tecnología.
2. **Espacio de trabajo:** cada vez que trabaje con un circuito, sea de la lista de ejemplos o armado según las especificaciones del usuario, cada elemento que agregue o

conecte, le aparecerá aquí. Puede hacer modificaciones de las posiciones y configuración de los elementos del circuito de trabajo.

3. **Espacio de controles:** en esta sección podrá detener, iniciar o reiniciar la simulación del circuito con el que trabaja. De igual manera, podrá controlar parámetros de ciertos elementos que por defecto tienen (potenciómetro, condensador variable, etc.) o que el usuario así lo defina.
4. **Espacio de gráficos:** el usuario tiene la opción de visualizar la evolución en el tiempo de parámetros eléctricos propios del circuito (voltaje, corriente, frecuencia, potencia, entre otros). Puede organizar los gráficos por separado o superpuestos, según considere le brindan información que requiere.

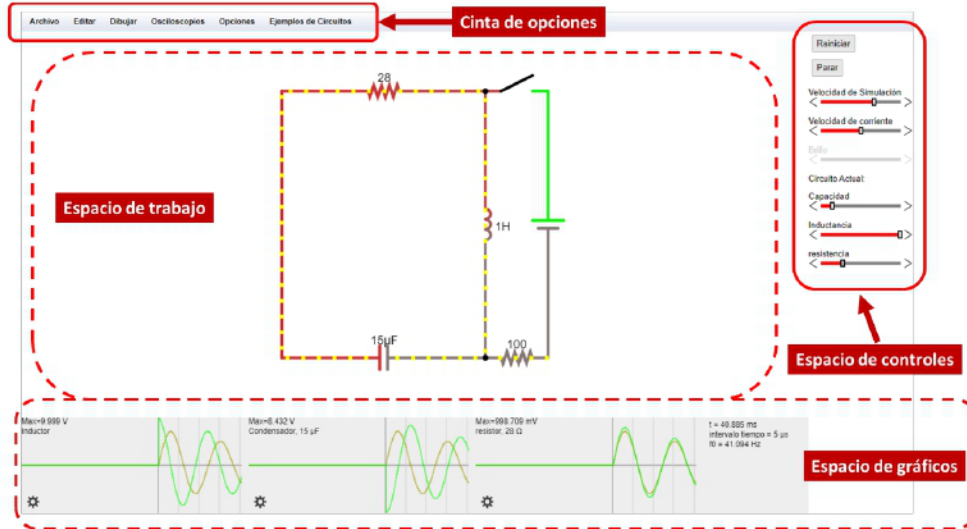


Figura 3. Ventana de trabajo del simulador.

Proponemos al lector tomar como punto de partida algún circuito conocido, dentro de la lista de ejemplos, para que interactúe con el mismo y se familiarice con el uso y funcionamiento del simulador.

El simulador cuenta dentro de los ejemplos de circuitos con ejemplos de circuito sumador (amplificador sumador) y restador (amplificador diferencial). Así como el simulador le da un punto de partida para conocer el funcionamiento del AO en cada una de las configuraciones mencionadas puede hacer modificaciones de este, como, por ejemplo: variar el AO ideal por uno real, variar la forma de onda y amplitud de las señales de trabajo,

graficar parámetros eléctricos o colocar medidores en distintos puntos y/o secciones del arreglo, entre otras.

Con estas ideas planteadas esperamos que el lector diseñe una estrategia, la describa y reporte los resultados obtenidos de su exploración, de tal manera que le permitan formular una serie de conclusiones en torno a lo que decidió realizar. Este proceso lo debe describir tanto para el caso del AO como sumador y como restador.

Debe elaborar un reporte detallado con el procedimiento (escritos, gráficos, diagramas y demás) y aquellos elementos que le sirvan de sustento en la descripción y/o comparación entre las posibles variantes que decidió someter a prueba.

Un momento de reflexión

Un problema que representa un dolor de cabeza para los técnicos que trabajan en el área de telecomunicaciones es el control del ruido en las señales. Una solución que se ha encontrado a este problema es el uso de blindajes, tal como se mencionó al inicio del documento, pero conocer la naturaleza del ruido, cómo se introduce en los canales de transmisión de información, a qué tipo de señales afecta más, entre otros aspectos, permite al Físico proponer alternativas de menor costo quizás.

Entendamos como ruido eléctrico "...a todas aquellas señales de interferencias, de origen eléctrico, no deseadas y que están unidas a la señal principal..." (Wikipedia, 2021). Su incidencia en señales analógicas es más perjudicial pues altera la amplitud de la onda viajera, respecto a la onda principal. Son diversas las fuentes que pueden introducir ruido en las líneas que usamos para transmitir información, siendo las más comunes aquellas relacionadas los campos eléctricos y magnéticos producidos por diversos dispositivos durante su uso, conexión y desconexión, ya sea que estén alimentados por el suministro local de energía (frecuencia de 60 Hz) o no, y descargas eléctricas por la caída de rayos. Un aspecto curioso de esta situación es el hecho de que dos o más cables, ya sea que porten información o no, serán igualmente afectados por aquellas fuentes que alteren las propiedades electromagnéticas en su vecindad.

Tomando en consideración lo antes expuesto le solicitamos desarrolle una propuesta de un sistema que permita utilizar el ruido como información útil para depurar

una señal eléctrica que se pretende transmitir a través de un canal sin blindaje eléctrico, integrando en ella el uso de los circuitos que hemos estudiado en esta sección (uno o ambos). Su propuesta debe estar sustentada en principios físicos que validen su viabilidad en un sistema como el descrito.

Referencias bibliográficas

Mheducation. (2021). *mheducation.es*. Recuperado el 4 de septiembre de 2021, de <https://www.mheducation.es/bcv/guide/capitulo/8448180445.pdf>

Real Academia Española. (2021). *RAE*. Recuperado el 4 de septiembre de 2021, de <https://dle.rae.es/comunicaci%C3%B3n?m=form>

Wikipedia. (2021). *Wikipedia*. Recuperado el 7 de septiembre de 2021, de https://es.wikipedia.org/wiki/Ruido_el%C3%A9ctrico

Wikipedia. (2021). *Wikipedia*. Recuperado el 4 de septiembre de 2021, de <https://es.wikipedia.org/wiki/Comunicaci%C3%B3n>

ACTIVIDAD - 6

TÍTULO: ESTUDIO DE ALGUNAS CARACTERÍSTICAS DE LA VOZ HUMANA.

COMPETENCIA

Utiliza recursos tecnológicos de bajo costo y los modelos físicos asociados a las ondas sonoras para diseñar y construir un sistema de captación y caracterización de la voz humana, a partir de algunas de las magnitudes física que describen la voz humana.

Descripción del problema

De la información que le brinda el entorno al Ser Humano, en los primeros años de vida, solo puede procesar la que es capaz de detectar con el (los) sentido (s) fisiológica y anatómicamente más desarrollado (s). Es conocido que una de las primeras acciones de los bebés con el entorno consiste en llevarse a la boca lo que logren alcanzar. Eso expresa el instinto de sobrevivencia que privilegia el sistema alimenticio a través del desarrollo del gusto con la exploración de un registro de sabores, texturas y un sin número de sensaciones que, con el tiempo, le servirán para discriminar entre lo que le resulta agradable o no para suplir las necesidades alimenticias. Al mismo tiempo que va generando un registro de la información obtenida con el sentido del gusto también lo hace con los sentidos de olfato, tacto, audición y vista, pero con menor prioridad.

Este proceso es constructivo. No solamente consiste en percibir la información y generar un registro, sino que construye mecanismos para ordenar la información, que incluye entre otras cosas discriminar, categorizar, etc. Esto requiere resolver situaciones, incluso conflictivas que ilustramos con lo siguiente: ante la diversidad de voces que provienen de su entorno, ¿cómo diferencia el bebé el origen de una palabra, por ejemplo, “biberón” (o su equivalente) de entre su madre, su padre, su hermano, etc.? Eso significa construir un sistema de discriminación no solamente del fonema a nivel de la frecuencia de la onda sonora, sino también de la organización de las amplitudes de los armónicos que significa el timbre de voz o incluso la entonación (volumen o modulación de las amplitudes de los fundamentales) de las voces para diferenciar de una situación de apuro, de calma, de

hora de dormir, etc. Suponemos que analizando las características de las señales se obtendrá suficiente información para elaborar una respuesta a la interrogante ¿cómo logra un bebé construir esas estructuras que tienen cierto grado de complejidad?

Pensamos que, por ser un problema complejo, se puede iniciar la construcción de una posible respuesta siendo consciente que la interrogante está vinculada con el hecho de que diferenciar, implica necesariamente iniciar un proceso de comparación, como pródromo de la medición. En otras palabras, levantar un registro analítico de nuestras experiencias sensoriales (vía la construcción de sensores externos) basados en la contrastación permanente entre aquello a lo que el ser humano está expuesto (señales) y los resultados de la medición. En este sentido, nuestra capacidad de diferenciar va de la mano con la posibilidad de identificar variantes de una misma cualidad, como, por ejemplo: la voz de dos damas por su timbre; un objeto que denominamos caliente de uno que llamamos frío por la sensación que genera el calor que va de la fuente de mayor temperatura a la de menor temperatura; identificar dentro de un grupo de alimentos el que se está descomponiendo a través de su olor; el verdor de un vegetal fresco recién cosechado; entre otros. Algunos aprendizajes se logran con el ensayo y el error, pero otros no.

Esto nos lleva a enfocar nuestro interés en las propiedades (magnitudes) que caracterizan las distintas señales que somos capaces de detectar con los sentidos, ya que su detección, procesamiento y caracterización forman parte del proceso integral de modelización para la comprensión del fenómeno y por ende, es parte del campo de estudio de la Física.

Nuestros sentidos, al igual que algunos sensores especializados en la detección de cierto tipo de magnitudes físicas (que posteriormente se traducen en un tipo de información para el manejo eficiente de la interacción con la vecindad próxima), son capaces de determinar variaciones en estas, siendo este registro de variación lo que comúnmente denominamos señal portadora de información.

El niño tiene básicamente los cinco sentidos clasificados según si son básicamente de proximidad o vecindad cercana (gusto, olfato y tacto), mediana (sonido) o larga (vista). Tomemos como ejemplo, la forma de comunicación (tipo de señal) entre los miembros del entorno social y natural de mediana proximidad. El sonido, por la rapidez de propagación

y otros atributos hacen óptima esta señal para esas distancias. En este sentido, el oído humano (que cubre un ángulo sólido de 4 estereorradianes) es capaz de diferenciar, por lo menos, entre cinco propiedades de la señal para distinguir entre una voz y otra: la articulación (generación del sonido), el tono (frecuencia), intensidad (amplitud y su modulación), el timbre y la localización espacial (mediante el desfasaje) de la fuente sonora. El entorno natural y social próximo se caracteriza por estar constituido por fuentes de sonido en un amplio rango, desde infrasonido hasta ultrasonido. Por lo que el oído del Ser Humano tuvo que adaptarse a una región muy amplia que no cubre el todo, pero si un amplio rango (15 Hz a 20 kHz). Diferenciar entre algunas de las cualidades arriba mencionadas no es tarea sencilla, lo que nos muestra la necesidad de buscar mecanismos, alejados de criterios subjetivos, para hacer la debida caracterización de señales de tipo sonora o de cualquier otra naturaleza.

Un ejemplo de adaptación para diferenciar entre el amplio rango de frecuencias de señales sonoras en las que vive sumergido es ¿cómo dotó la naturaleza al Ser Humano para afrontar ese amplio margen de valores de 15 Hz a 20 000 Hz? El sistema auditivo trabaja con órdenes de magnitud. El modelo matemático más adecuado para describir un tal comportamiento es el de la relación funcional homogénea, pues es una función invariante de escala. El rango amplio de 15 Hz a 20 000 Hz se divide en escalas y las escalas se pueden modelizar a través del exponente. Una vez conocido el mecanismo de la audición del Ser Humano, o sea el sensor y su mecanismo de transducción, transmisión y análisis (cerebro) de la señal sonora, la tecnología nos permite construir complementos al oído para mejorar la audición o compensar defectos. Dichos mecanismos, nos dan la capacidad de obtener información donde hay deficiencias o están fuera de los rangos naturales del oído. Se usa información, como por ejemplo la obtenida al analizar el sonido que nos señala la que hay simetría llamada invariancia de escala, para construir extensiones para “oír” en esos otros rangos con sensores fabricados por el hombre.

En la actualidad existen sensores de muchos tipos que tienen la función, en una primera aproximación, de permitir/facilitar al Ser Humano obtener información en forma de señales, que por las limitaciones específicas de sus sensores naturales no se obtienen naturalmente (por ejemplo, infrasonido y ultrasonido). En general, se tiene acceso a

dispositivos sensores de bajo costo de diversas magnitudes físicas y a equipos informáticos capaces de procesar esa información, para luego transformarla en algún tipo de señal (visual o de otro tipo) que se pueda caracterizar con cierta facilidad.

Como la Física estudia fenómenos naturales con estructura matemática, el mundo de las señales acústicas entonces forma parte de su campo de estudio, pues responden a modelos matemáticos. Para estudiar las cualidades del sonido que somos capaces de percibir, primero debemos captar estas señales y luego caracterizarlas. Debemos responder algunas interrogantes antes de tomar cualquier decisión sobre qué hacer. Por ejemplo: ¿cuáles son las cualidades de la voz que permiten diferenciar a un individuo de otro? ¿serán perceptibles los cambios en las cualidades de la voz al expresar un mensaje cargado de alguna emoción? ¿qué parámetros medibles debo tomar en consideración para caracterizar la voz de una persona?

Es importante recordar que el físico, antes de abordar un problema, piensa primero en una estrategia utilizando lo que conoces y lo que tienes en tus manos. En este sentido, la exploración de dos herramientas distintas que te recomendamos permite el estudio de los sonidos y responder a las preguntas.

Herramientas a utilizar

Sistema de grabación de bajo costo (detalles en el documento anexo)

Programa Audacity

Exploración

Como lo mencionamos anteriormente, hay un elemento imprescindible para el estudio de algunas características de la voz humana y se trata del sistema de captación de la señal sonora. A nivel comercial hay muchas opciones disponibles como sistemas de captación (micrófonos), todas ellas enfocadas a distintos consumidores y presupuestos (locutores, fanáticos de la música, cantantes, etc.). En esta línea queremos primeramente proponer la construcción y exploración de un sistema de bajo costo que, a diferencia de los demás, no solo permite captar y convertir el sonido en su equivalente eléctrico (señal eléctrica), sino también procesarlo y obtener como producto el registro gráfico de audio y

un espectro de frecuencias del patrón de onda a través de lo que se conoce como Transformada Rápida de Fourier o FFT (por sus siglas en inglés). El beneficio de este sistema, sobre cualquier otro de fabricación en masa al que puedas acceder, es la capacidad de configurarlo a tus necesidades y conocer en el proceso sobre lo que pasa de por medio (lenguaje de programación Python, códigos de interconexión para circuitos de audio digital, entre otras cosas). Esto permite extraer el mayor beneficio para el Físico, conocer el fenómeno para aplicar y extender su comprensión de la naturaleza y los fenómenos físicos que tienen lugar en ella.

La construcción y programación de este micrófono es una contribución de la comunidad de los desarrolladores de software libre y de código abierto, compartida por el grupo de la página **MakerPortal**. Anexo a este documento podrás encontrar un manual, traducido y adaptado del original, que contiene los códigos e instrucciones detalladas (paso a paso) sobre cómo hacer el montaje y configuración inicial del micrófono para grabar en formato mono o estéreo. Por cuestiones de simplicidad, te recomendamos hacer la instalación para un sistema de grabación **mono** (Anexo 2).

Una vez configurado el micrófono a través de tu RPi te sugerimos hacer ciertas pruebas iniciales para que te familiarices con el sistema. Cuando hayas logrado hacer tus primeras pruebas y te sientas conforme con los primeros resultados, estarás en la capacidad de hacer variaciones en el código Python. Allí puedes realizar cambios del tiempo de medición del sonido de fondo, de las frecuencias de registro de datos y del tiempo de grabación, entre otros. Para identificar donde se hacen estas modificaciones en el código, lee los comentarios que aparecen a un costado de las líneas de comando (aparecen anteceditos por el símbolo numeral “#”); te recomendamos que, ante cada modificación exitosa del código, guardes las versiones.

Realiza pruebas y señala qué cambios puedes percibir en los espectros si utilizas el sistema para el estudio de dos o más fuentes (naturales o artificiales) que procuren transmitir registros sonoros aparentemente idénticos (realiza las pruebas por separado). ¿Hay alguna característica del patrón que te permita distinguirlos? Como una constancia del trabajo que hayas hecho hasta el momento comparte los gráficos obtenidos en cada prueba, detallando el tipo de sonido al que corresponde cada uno. Además, sustenta y

comenta al respecto tus resultados, con la evidencia que te provee la herramienta o algún método de tu elección.

Como otra alternativa a considerar en el estudio de algunas características de la voz humana, está el uso un programa de tratamiento de audio digitalizado como, por ejemplo, **Audacity**. Es un programa gratuito ampliamente recomendado en diversos medios, que se caracteriza por ser de uso amigable y es compatible con diversos sistemas operativos, entre ellos Raspbian. Así como se podría procesar un audio con un programa pago y de alto rendimiento, Audacity permite trabajar sobre un patrón de sonido digitalizado en diversos formatos (mp3, wav, entre otros). Entre sus opciones está el poder hacer un análisis de espectro, lo que es equivalente a la FFT que da como salida el procesamiento que se logra con el código de Python, entre otras. La información que se deriva del tratamiento del sonido a través de la herramienta puede ser utilizada como medio de comparación/evaluación del sistema que se propuso en líneas anteriores, ya que los resultados que se obtienen al ser tratados con este software se caracterizan por su fiabilidad, tal como lo comentan sus usuarios. En este sentido, se le sugiere al lector que, mediante esta herramienta, realice el tratamiento debido del patrón de sonido, hasta el punto en el que pueda comparar los resultados del análisis de las características de la voz elegidas con este programa y con el sistema de análisis de sonido de bajo costo. Tomando como punto de partida la premisa anterior, describe el procedimiento a seguir para, primero, llegar a obtener un patrón de sonido que sea comparable con el filtrado (sin ruido de fondo) mediante el sistema de bajo costo y, segundo, llegar a obtener un espectro de frecuencia (FFT) que sea comparable con el obtenido con el primer sistema.

Como siguiente parte, compare los resultados obtenidos con ambos sistemas al describir las características de la voz que eligió como elementos de su descripción. Sustente sus resultados con los gráficos, cálculos o descripciones correspondientes. Es importante resaltar que las señales de sonido que le sugerimos que utilice al trabajar con Audacity son las mismas que grabaría con el sistema de bajo costo (la información que procesa el primer sistema es guardada como archivo de audio en el equipo).

Un momento de reflexión sobre la ciencia y sus colaboraciones

La aplicación de sistemas de bajo costo permite apoyar los estudios en otras ramas de la ciencia naturales y sociales. Daremos un ejemplo. A inicios del 2000 la ONU (ONU, 2007) alertaba sobre una extinción de 150 especies animales, en promedio, por día a nivel mundial. Panamá no escapa de este escenario ya que la acción del hombre y la reducción de sus hábitats naturales los ha llevado al punto de reducir su población por escasez de alimentos entre otros factores. Algunas iniciativas (de diversas disciplinas) de carácter científico, como las llevadas a cabo en la Isla Barro Colorado, por dar un ejemplo, han llevado a la estabilización de algunas especies nativas de la región, evitando así su extinción. Estos estudios, plantean dentro de sus caracterizaciones el conocimiento de hábitos alimenticios y de apareamiento. Estos últimos normalmente están vinculados con algunas conductas que pueden ir desde manifestaciones corporales hasta la emisión de sonidos que pueden denotar distintos estados emocionales de las especies.

En nuestro país, varias son las especies que se han visto afectadas por la acción humana al reducir su población, no necesariamente beneficiosas como lo es el caso de la mosca blanca (*Bemisia tabaci*). Es una variedad de insecto considerada como plaga ya que ataca tanto a plantas ornamentales, verduras y hortalizas, generando daños como la reducción en el desarrollo de las plantas, pérdidas de sus frutos y marchitez de sus hojas, llegando a producir daños considerables durante sus ciclos de alimentación y reproducción.

Una identificación temprana de la presencia de la mosca puede traducirse en una toma de acciones oportunas. En este sentido, una forma de detectar la presencia o de estudiar el comportamiento de una población de moscas blancas, puede estar vinculada con la caracterización de un aspecto distintivo de la especie como su huella de sonido. (Nakabayashi, y otros, 2017).

Un diseño de trabajo consiste en hacer primero una revisión de diversos aspectos a tomar en cuenta en la captación y en el tratamiento de las señales como un fenómeno transportador de información, a lo largo de la secuencia de actividades. Se puede diseñar un sistema (in situ o remoto) que permita primero captar y luego diferenciar entre la información que proveen registros sonoros correspondientes a dos o más especies. En el diseño se debe contemplar poder agregar el filtrado de cualquier información que altere el

registro de interés (ruido de transferencia de la señal, ruidos de fondo, entre otros), haciendo énfasis en los criterios que servirán para hacer la identificación y la viabilidad del sistema elegido.

Nota: la huella de sonido de las especies que se desee caracterizar es libre. Damos como referencia el caso de la mosca, pero puede ser cualquier otra. Por tal motivo, debe describir las características de la especie y buscar información que le permita hacer cambios, modificaciones o adaptaciones en el sistema propuesto para el estudio.

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Nuestro objetivo era la evaluación de las potencialidades del recurso RPi 4 para ser usado como herramienta de apoyo de bajo costo y con altas potencialidades didácticas, en un contexto de pandemia y post pandemia, ante la necesidad de asumir la actividad educativa en un entorno virtual o semi virtual, tratando de lograr la competencia (como la define la Comisión Europea -2006) de “Aprender a aprender”, ya que se dieron y darán situaciones en las que el aprendiz estará sin el acompañamiento del docente. Recordemos que la competencia “Aprender a aprender” es para aprender y pensar lo que es fundamental para el logro de todas las competencias claves, y para el aprendizaje permanente que se produce a lo largo de la vida y que tiene lugar en distintos contextos formales, no formales e informales.

Dicha evaluación y el análisis de sus resultados nos permite hacer una serie de recomendaciones con el fin de que su integración como herramienta didáctica tenga los efectos deseados en la actividad de aprendizaje:

- ✓ La virtualidad llegó para quedarse por lo que se debe incluir en los programas de formación a nivel de licenciatura, cursos, talleres o capacitaciones que incluyan el aprendizaje del actual lenguaje científico por excelencia: Python.
- ✓ Promover el desarrollo de habilidades cognitivas, procedimentales y sicogenéticas que garanticen la toma de conciencia social y moderna (incluyendo la tecnológica), de aprender a aprender hacia la adquisición de competencias como una necesidad de adaptación a las tendencias actuales en formación científica. Debe adquirir la habilidad para iniciar el aprendizaje y persistir en él, para organizar su propio aprendizaje y gestionar el tiempo, la información y las herramientas tecnológicas (RPi 4) eficazmente, ya sea individualmente o en grupo.

- ✓ Promover el uso de software libre y de código abierto equivalente a los softwares especializados utilizados por tradición, evitando prácticas ancestrales de copia y distribución no autorizada “pirata”.

La exploración de las posibilidades que brinda al alumno y al docente el recurso RPi 4, la desarrollamos a través de varias fases y podemos concluir que:

- ✓ El uso de sistemas como la RPi 4 acompañado de software libre y de código abierto con aplicaciones directas, pero bien estructuradas, en el campo del aprendizaje de la Física y reemplazando con ellos los programas de “licencia paga”, tiene cada día más adhesiones, según se reporta en la literatura.
- ✓ Las contribuciones puestas a disposición por las distintas comunidades de desarrolladores (software, códigos de programación en Python, entre otros) sirven como una referencia para que el docente y alumno de Física puedan hacer modificaciones de las prácticas de aprendizaje tradicionales, integrando las TIC con la intención de promover el desarrollo de las competencias tecnológicas y científicas que forman parte de los requerimientos de la formación en Física hoy en día.
- ✓ Las prestaciones de la RPi 4 relacionadas con su capacidad de conectividad a una variedad de sensores de bajo costo, refleja características que permiten una fácil integración al ámbito de las actividades experimentales en Física, al sustituir instrumentación de laboratorio, comúnmente de alto valor comercial, por material al que se puede acceder con facilidad, que provee resultados fiables y de precisión aceptable para efectos educativos, y por montos que se reducen a fracciones del que tienen los equipos convencionales.
- ✓ Una debida transposición didáctica de los conocimientos que forman parte del estado del arte en el desarrollo de la tecnología correspondiente al uso de la RPi, los softwares libres y de código abierto, el desarrollo de sistemas de captación y procesamiento de información, entre otros, genera condiciones propicias para el desarrollo de contenidos enfocados al desarrollo de competencias experimentales

propias de la disciplina, hacia la adquisición de competencias a la base de “aprender a aprender”.

Sin embargo, conscientes de que los cambios curriculares toman tiempo, por razones burocráticas y en la misma línea de pensamiento, la evaluación de las potencialidades del recurso RPi 4 permite hacer una serie de recomendaciones con el fin de que su integración tenga los efectos inmediatos deseados de manera particular, en el acto de actualizar a los formadores de docentes:

- ✓ Incluir en las discusiones de las comisiones curriculares talleres o capacitaciones que incluyan el aprendizaje del lenguaje científico por excelencia: Python.
- ✓ Promover seminarios para el desarrollo de contenidos enfocados a las comisiones curriculares hacia el desarrollo de competencias tecnológicas, como una necesidad de adaptación a las tendencias actuales en formación científica.
- ✓ Promover en los docentes el uso de software libre y de código abierto equivalente a los softwares especializados utilizados por tradición, evitando la copia y distribución no autorizada “pirata”.

6. BIBLIOGRAFÍA

- Adell, J. (enero de 2007). ResearchGate. Obtenido de https://www.researchgate.net/publication/216393192_Software_libre_en_educacion
- Adúriz-Bravo, A. (2 de diciembre de 2017). Pensar la enseñanza de la Física en términos de "competencias". *Revista de enseñanza de la Física*, 29(2), 21-31.
- Almeida, C., & Madsen, L. (26 de julio de 2019). ResearchGate. Obtenido de https://www.researchgate.net/publication/260982620_RASPBERRY_PI_COM_GEOGEBRA_POSSIVEL_RECURSO_PARA_A_EDUCACAO_MATEMATICA
- Alonso Berrocal, J. L., Figuerola, C., Zazo, Á., & Gómez Díaz, R. (2008). *eprints.rclis.org*. Obtenido de http://eprints.rclis.org/3933/1/Soft_libre.pdf
- Álvarez, A., & Santoyo, J. (2 de junio de 2017). Dialnet. *INGENIARE*(22), 11-18. Obtenido de <https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/6579720.pdf>
- Alvarez, H., Arias, E., Bergamaschi, A., López, Á., Noli, A., Ortiz, M., . . . Viteri, A. (mayo de 2020). Banco Interamericano de Desarrollo. Obtenido de <https://publications.iadb.org/publications/spanish/document/La-educacion-en-tiempos-del-coronavirus-Los-sistemas-educativos-de-America-Latina-y-el-Caribe-ante-COVID-19.pdf>
- Alvira, F. (1985). La investigación evaluativa: Una perspectiva experimentalista. *Revista Española de Investigaciones Sociológicas*, 129-141. doi:<https://doi.org/10.2307/40183087>
- Andrés, M. M., Pesa, M., & Meneses, J. (2006). LA ACTIVIDAD EXPERIMENTAL EN FÍSICA: VISIÓN DE ESTUDIANTES UNIVERSITARIOS. *Paradigma*, 27(1), 349-363. Recuperado el 2021 de julio de 6, de ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1011-22512006000100003
- Andrés, M. M., Pesa, M., & Meneses, J. (8 de junio de 2021). La actividad experimental en Física: Visión de estudiantes universitarios. Obtenido de [SciELO: ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1011-22512006000100003](https://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1011-22512006000100003)
- Archer, N., & De Gracia, G. (julio de 2020). *Revista de Educación Superior en América Latina*. Obtenido de <http://rcientificas.uninorte.edu.co/index.php/esal/article/view/13403>
- Arrosyid, S., Wijaya, S., & Supriyanto. (2020). Development of seismic acquisition instrumentation system based MEMS accelerometer using SPI communication with Raspberry Pi. *Life and Environmental Sciences Academics Forum 2018*, (págs. 1-8). doi:10.1088/1755-1315/481/1/012044

Ascencio Ojeda, P., Glasserman Morales, L., & Quintana Albalat, J. (2019). Competencias Digitales: Realidad de ingreso de los estudiantes a la vida universitaria. *Digital Education Review*(36), 68-84.

Asis, F. d., da Costa Silva, F., & Escofet, A. (2013). Un estudio de caso sobre el uso del software libre en la enseñanza secundaria en Cataluña. *Campo Abierto*, 32(2), 71-95.

Audacity. (2021). audacityteam. Recuperado el 25 de septiembre de 2021, de <https://www.audacityteam.org/>

Bahit, E. (2012). *Curso: Python para principiantes*. Buenos Aires: Safe Creative.

Bahit, E. (2018). *Introducción al lenguaje Python*. Buenos Aires. Recuperado el 19 de julio de 2021, de https://www.researchgate.net/publication/333965199_Introduccion_al_Lenguaje_Python

Ballart, X. (enero de 1996). *ResearchGate*. Obtenido de https://www.researchgate.net/publication/255582280_Modelos_teoricos_para_la_practica_de_la_evaluacion_de_programas

Bausela, E. (2003). Metodología de la Investigación Evaluativa: Modelo CIPP. *Revista Complutense de Educación*, 14(2), 361-376.

Berdahl, E., & Blessing, M. (2016). Physical modeling sound synthesis using embedded computers: More masses for the masses. *The Journal of the Acoustical Society of America*, 2204.

Blender. (2021). blender.org. Recuperado el 25 de septiembre de 2021, de <https://www.blender.org/>

Bougot-Robin, K., Paget, J., Atkins, S., & Edel, J. (2016). Optimization and Design of an Absorbance Spectrometer Controlled Using a Raspberry Pi To Improve Analytical Skills. *Journal of Chemical Education*, 1232-1240.

Candelario-Dorta, O. (2018). *Redalyc.org*. Recuperado el 25 de enero de 2021, de <https://www.redalyc.org/jatsRepo/4757/475756619014/475756619014.pdf>

Castro, A., & Ramírez, R. (2013). Enseñanza de las ciencias naturales para el desarrollo de competencias científicas. *Amazonía investiga*, 2(3), 30-53. Obtenido de <https://amazoniainvestiga.info/index.php/amazonia/article/view/646>

Cázares, L., & Cuevas, J. (2007). *Planeación y evaluación basadas en competencias. Fundamentos y prácticas para el desarrollo de competencias docentes, desde preescolar hasta el posgrado*. México D.F.: Editorial Trillas.

Cedeño, J., & Alvarado, R. (7 de noviembre de 2019). *Repositorio de UNESUM*. Recuperado el 7 de julio de 2021, de <http://repositorio.unesum.edu.ec/handle/53000/1910>

CEPAL, & UNESCO. (enero de 1992). *CEPAL.org*. Recuperado el 25 de julio de 2021, de <https://www.cepal.org/es/publicaciones/2130-educacion-conocimiento-eje-la-transformacion-productiva-equidad>

Clavijo, D. (2018). Competencias del docente universitario en el siglo XXI. *Revista Espacios*, 39(20). Recuperado el 28 de mayo de 2021, de https://www.researchgate.net/publication/328105230_Competencias_del_docente_universitario_en_el_siglo_XXI

Cook, M. (2018). Build an oscilloscope. *The MagPi*, 44-51.

Dominguez, M., Aguinaco, A., Ángel, J., Blanco, E., Bomatti, O., Gonzalez-Leal, J., . . . Mena-Lorenzo, J. (2019). *Indoc.uca.es*. Obtenido de <https://indoc.uca.es/articulos/sol-201800111587-tra.pdf>

Escudero, T. (2016). La investigación evaluativa en el Siglo XXI: Un instrumento para el desarrollo educativo y social cada vez más relevante. *RELIEVE*, 22(1), 1-21. doi:<http://dx.doi.org/10.7203/relieve.22.1.8164>

Free Software Foundation. (19 de julio de 2021). Free Software Foundation. Obtenido de <https://www.fsf.org/about/what-is-free-software>

Fritzing. (2021). *fritzing.org*. Recuperado el 24 de septiembre de 2021, de <https://fritzing.org/>

Gaponenko, I., Muller, S., Musy, L., & Paruch, P. (noviembre de 2019). Open source standalone relative humidity controller for laboratory applications. *engineering Research Express*. doi:<https://doi.org/10.1088/2631-8695/ab5771>

García Retana, J. (2011). Modelo educativo basado en competencias: importancia y necesidad. *Revista electrónica "Actualidades investigativas en educación"*, 11(3), 1-24. Obtenido de Disponible en: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=44722178014>

García, C. (21 de mayo de 2019). La web del programador. Obtenido de <https://www.lawebdelprogramador.com/pdf/15961-Integracion-de-Redes-Telematicas-IoT-con-Raspberry-pi.html>

Giraldo Suárez, Y. L. (2014). *ResearchGate*. Obtenido de https://www.researchgate.net/publication/344736866_LA_ACTIVIDAD_EXPERIMENTAL_EN_LA_CLASE_DE_FISICA_Y_LA_CONSTRUCCION_SOCIAL_DE_CONOCIMIENTO_EL_CASO_DE_LAS_ESCALAS_TERMOMETRICAS

GNU. (2021). *gnu.org*. Recuperado el 25 de septiembre de 2021, de <https://www.gnu.org/education/edu-software-gimp.es.html>

González, J., Seoane, J., Robles, G., Megías, D., & Mas, J. (19 de julio de 2003). *Introducción al software libre*. Barcelona: Barcelona: Fundació per a la Universitat Oberta de Catalunya, 2003. Obtenido de <https://libros.metabiblioteca.org/handle/001/344>

Hafid, A., Benouar, S., Kadir-Talha, M., Abtahi, F., Attari, M., & Seoane, F. (noviembre de 2018). Full Impedance Cardiography Measurement Device Using Raspberry PI3 and System-on-Chip Biomedical Instrumentation Solutions. *IEEE Journal of Biomedical and Health Informatics*, 22(6), 1883-1894. doi:10.1109/JBHI.2017.2783949

Hernández, C. A. (22 de julio de 2021). Obtenido de https://sair-aparicio.webnode.com.uy/_files/200000008-57ea659e11/competencias-cientificas-sesion4.pdf

Jaén Martínez, A., Martín Padilla, A., & López Meneses, E. (noviembre de 2014). Dialnet. Recuperado el 29 de julio de 2021, de <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=7721721>

Joselevich, M., Alonso, R., González, P., Morales, M., Osio, J., & Serial, A. (junio de 2019). 1Library. Recuperado el 12 de julio de 2021, de <https://1library.co/title/proyecto-laboratorios-remotos-ensenanza-fisica>

KiCad. (2021). KiCad. Recuperado el 24 de septiembre de 2021, de <https://www.kicad.org/about/kicad/>

Klein, P., Ivanjek, L., Dahlkemper, M., Jelcic, K., Geyer, M.-A., Küchemann, S., & Susac, A. (13 de octubre de 2020). ResearchGate. Obtenido de https://www.researchgate.net/publication/344622093_Studying_physics_during_the_COVID-19_pandemic_Student_assessments_of_learning_achievement_perceived_effectiveness_of_online_recitations_and_online_laboratories

Latorre, A., Del Rincón, D., & Arnal, J. (1996). Bases metodológicas de la investigación educativa. Barcelona: Hurtado ediciones.

Lima, J., & Ospina, P. (2018). Repositorio USTA. Obtenido de <http://repository.usta.edu.co/handle/11634/12679>

Lizitza, N., & Sheepshanks, V. (2020). EDUCACIÓN POR COMPETENCIAS: CAMBIO DE PARADIGMA DEL MODELO DE ENSEÑANZA-APRENDIZAJE. Revista Argentina de Educación Superior, 12(20), 89-107.

Llamas, C., Vegas, J., González, M., & González, M. (2018). Open-source sensors system for doing simple physics experiments. Papers in Physics, 1-4.

Londoño, L. (2018). Repositorio de UNC. Recuperado el 5 de julio de 2021, de <https://repositorio.unal.edu.co/handle/unal/63146>

López, G., & Pluas, J. (2019). Repositorio Institucional de la Universidad de Guayaquil. Recuperado el 7 de julio de 2021, de <http://repositorio.ug.edu.ec/handle/redug/44418>

Luengo, J., Luzón, A., & Torres, M. (2008). Las reformas educativas basadas en el enfoque por competencias: una visión comparada. Profesorado-Revista de currículum y formación del profesorado. Obtenido de <http://www.ugr.es/local/recfpro/rev123ed.pdf>

Mada, W., Anggraeni, D., Sambas, A., & Denya, R. (2018). IOP Publishing. Obtenido de <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1742-6596/1090/1/012015/pdf>

Mandanici, A., & Mandaglio, G. (mayo de 2020). ResearchGate. Physics Education. doi:<http://dx.doi.org/10.1088/1361-6552/ab73d2>

- Mandanici, A., Alessandro, S., Fiumara, G., & Mandaglio, G. (noviembre de 2020). ResearchGate. doi:<http://dx.doi.org/10.22541/au.160441712.21720670/v1>
- Martínez, J. (noviembre de 2015). Biblioteca UTP. Obtenido de <http://repositorio.utp.edu.co/dspace/handle/11059/5735?show=full>
- Monroy, M. (29 de septiembre de 2018). m-monroyc22. Obtenido de <https://m-monroyc22.medium.com/temporizador-555-243abcb933a5>
- Muñoz, D. (septiembre de 2014). UCrea. Obtenido de <https://repositorio.unican.es/xmlui/handle/10902/5945>
- Neubauer, D., & Ordoñez, V. (enero de 2008). researchgate.net. Recuperado el 25 de julio de 2021, de https://www.researchgate.net/publication/277038931_El_nuevo_rol_de_la_educacion_superior_en_un_mundo_globalizado
- Obaya, A., Vargas, Y., & Delgadillo, G. (2011). Aspectos relevantes de la educación basada en competencias para la formación profesional. Scielo, 63-68. Obtenido de <http://www.scielo.org.mx/pdf/eq/v22n1/v22n1a11.pdf>
- Ochoa, A., Cangrejo, L., & Delgado, T. (2018). Alternativa Open Source en la implementación de un sistema IoT para la medición de la calidad del aire. Revista Cubana de Ciencias Informáticas, 12(1), 189-204.
- Open Source. (19 de julio de 2021). Opensource.com. Obtenido de <https://opensource.com/resources/what-open-source>
- Pallás, R. (2013). Sensores y acondicionadores de señal. España: Marcombo.
- Qtplot. (2021). qtplot.com. Recuperado el 24 de septiembre de 2021, de <https://www.qtplot.com/>
- RaspberryPi. (20 de julio de 2021). RaspberryPi.org. Obtenido de <https://www.raspberrypi.org/products/raspberry-pi-4-model-b/specifications/>
- RaspberryPi(c). (21 de julio de 2021). Raspberrypi.org. Obtenido de <https://www.raspberrypi.org/about/>
- RaspberryPi(d). (21 de julio de 2021). Raspberrypi.org. Obtenido de <https://www.raspberrypi.org/documentation/raspbian/>
- Real Academia Española. (2021). RAE. Recuperado el 4 de septiembre de 2021, de <https://dle.rae.es/comunicaci%C3%B3n?m=form>
- Renju, M., Pizzey, D., Hughes, I., & O'Donnell, R. (2021). The Raspberry Pi auto-aligner: Machine learning for automated alignment of laser beams. Review of Scientific Instruments.

Robin, k., Paget, J., Atkins, S., & Edel, J. (21 de marzo de 2016). Optimization and Design of an absorbance Spectrometer Controlled Using a Raspberry Pi To Improve Analytical Skills. *J. Chem. Educ.*, 1232-1240. doi:<https://doi.org/10.1021/acs.jchemed.5b01006>

Rodríguez, D., Mena, D., & Rubio, C. (2009). Redalyc.org. Obtenido de <https://www.redalyc.org/pdf/482/48213841005.pdf>

Sandí Delgado, J. C., & Sanz, C. V. (Diciembre de 2018). Revisión y análisis sobre competencias tecnológicas esperadas en el profesorado en Iberoamérica. *EDUTEC. Revista Electrónica de Tecnología Educativa*(66), 93-121. doi:<https://doi.org/10.21556/edutec.2018.66.1225>

Sandoval, J., Saldívar, E., Cisneros, V., Morales, R., Ruiz, C., Matías, I., . . . Rodríguez, A. (julio de 2018). Sistema opto-electrónico para la adquisición de espectros ópticos en la región visible mediante el uso de una Raspberry Pi. *REVISTA*, 68-76. Obtenido de <http://www.iteshu.edu.mx/conamti/>

Sillus, C., Franzen, T., Pollklesener, B., & Görlitz, A. (2021). Active position stabilization of an atomic cloud in a narrow-line magneto-optical trap using a Raspberry Pi. *Review of Scientific Instruments*. doi:<https://doi.org/10.1063/5.0040257>

SimulIDE. (2021). Simulide.com. Recuperado el 24 de septiembre de 2021, de <https://www.simulide.com/p/home.html>

Singh, P., & Hedgeland, H. (2015). Special relativity in the school laboratory: a simple apparatus for cosmic-ray muon detection. *Physics Education*, 317-323. Obtenido de <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/0031-9120/50/3/317/pdf>

Soussan, G. (2003). Enseñar las ciencias experimentales. Didáctica y formación. Santiago, Chile: Oficina Regional de Educación de la UNESCO para América Latina y el Caribe, UNESCO/Santiago.

Stallman, R. (19 de julio de 2021). GNU.org. Obtenido de <https://www.gnu.org/philosophy/free-hardware-designs.es.html>

Teiermayer, A. (noviembre de 2019). Improving student's skills in Physics and Computer Science using BBC Micro:bit. *Physics Education*. doi:<http://dx.doi.org/10.1088/1361-6552/ab4561>

Tejada Fernández, J., & Pozos Pérez, K. (enero-marzo de 2018). NUEVOS ESCENARIOS Y COMPETENCIAS DIGITALES DOCENTES: HACIA LA PROFESIONALIZACIÓN DOCENTE CON TIC. *Profesorado. Revista de currículum y formación del profesorado*, 25-51.

Tenaglia, M., Bertelle, A., Martínez, J., Rocha, A., Fernández, M., Lucca, G., . . . Distefano, M. (2011). Determinación y evaluación de competencias asociadas a la actividad experimental. *Revista Iberoamericana de Educación*.

Tomalá, A. (7 de marzo de 2019). Repositorio UG. Obtenido de <http://repositorio.ug.edu.ec/handle/redug/40641>

Tuning, P. (2007). Reflexiones y perspectivas de la educación superior en América Latina. Bilbao: Publicaciones de la Universidad de Deusto.

UNESCO. (1998). [iesalc.unesco.org](https://www.iesalc.unesco.org/ess/index.php/ess3/issue/view/21). Recuperado el 24 de julio de 2021, de <https://www.iesalc.unesco.org/ess/index.php/ess3/issue/view/21>

UNICEF LACRO, OCDE, OIE-UNESCO. (abril de 2016). Recuperado el 15 de noviembre de 2021, de https://panorama.oei.org.ar/_dev/wp-content/uploads/2017/09/UNICEF_UNESCO_OECD_Naturaleza_Aprendizaje_.pdf

Vassoler, E. (9 de septiembre de 2019). Modelagem no ensino de Física via produção de stop motion, com o computador Raspberry Pi. Revista Brasileira de Ensino de Física, 42. Obtenido de https://www.researchgate.net/publication/338299016_Modelagem_no_ensino_de_Fisica_via_producao_de_stop_motion_com_o_computador_Raspberry_Pi

Vestri, A., Margheri, G., Landini, E., Meacci, E., & Tiribilli, B. (2020). A versatile and compact surface plasmon resonance spectrometer based on single board computer. Review of Scientific Instruments. doi:<https://doi.org/10.1063/1.5111829>

Wikipedia (a). (16 de julio de 2021). Obtenido de https://es.wikipedia.org/wiki/Serial_Peripheral_Interface

Wikipedia (b). (16 de julio de 2021). Obtenido de https://es.wikipedia.org/wiki/Modulaci%C3%B3n_por_ancho_de_pulsos

Wikipedia (d). (2021). Wikipedia. Recuperado el 23 de septiembre de 2021, de https://es.wikipedia.org/wiki/Ubuntu#Inicio_de_Ubuntu

Wikipedia(c). (19 de julio de 2021). Wikipedia. Obtenido de https://es.wikipedia.org/wiki/Hardware_libre

Wong, M., Quast, G., & Braig, D. (noviembre de 2020). Implementing a Raspberry Pi based Digital Measurement System in Undergraduate Physics Education. European Journal of Physics Education, 11, 1-16.

Zamora-Arellano, F., López-Bonilla, O., García-Guerrero, E., Olguín-Tiznado, J., Inzunza-González, E., López-Mancilla, D., & Tlelo-Cuautle, E. (diciembre de 2020). ResearchGate. Obtenido de https://www.researchgate.net/publication/347958511_Development_of_a_Portable_Reliable_and_Low-Cost_Electrical_Impedance_Tomography_System_Using_an_Embedded_System

7. ANEXOS

Anexo – 1

Código para Arduino del osciloscopio (Raspberry Pi + Arduino)

```
// Arduino - Pi - Scope By Mike Cook
int buffer [512]; // 1K input buffer
int sample, lastSample;
int pot1, triggerVoltage;
int triggerTimeout = 1000; // time until auto trigger
unsigned long triggerStart;
char triggerType = '2';

void setup(){
  Serial.begin(115200);
  pinMode(13,OUTPUT);
  // set up fast sampling mode
  ADCSRA = (ADCSRA & 0xf8) | 0x04; // set 16 times division
}

void loop(){
  if( triggerType != '2') trigger(); // get a trigger
  digitalWrite(13,HIGH);// timing marker
  for(int i=0; i<512 ; i++){
    buffer[i] = analogRead(0);
  }
  digitalWrite(13,LOW); // timing marker
  pot1 = analogRead(2); // switch channel to cursor pot
  for(int i=0; i<512 ; i++){
    Serial.write(buffer[i]>>8);
    Serial.write(buffer[i] & 0xff);
  }
  // send back pot values for cursors
  pot1 = analogRead(2);
  analogRead(3); // next cursor pot
  Serial.write(pot1>>8);
  Serial.write(pot1 & 0xff);
}
```

```

pot1 = analogRead(3);
triggerVoltage = analogRead(4);
Serial.write(pot1>>8);
Serial.write(pot1 & 0xff);
triggerVoltage = analogRead(4);
pot1 = analogRead(0); // prepair for next sample run
Serial.write(triggerVoltage>>8);
Serial.write(triggerVoltage & 0xff);

while(Serial.available() == 0) { } // wait for next request
triggerType = Serial.read(); // see what trigger to use
while (Serial.available() != 0) { // remove any other bytes in buffer
  Serial.read();
}
}

void trigger(){
  // trigger at rising zero crossing
  triggerStart = millis();
  sample = analogRead(0);
  do {
    lastSample = sample;
    sample = analogRead(0);
  }
  while(!(lastSample < triggerVoltage && sample > triggerVoltage) && (millis() -
triggerStart < triggerTimeout));
}

```

Anexo – 2

El presente documento corresponde a una traducción de la contribución compartida por el grupo de Maker Portal sobre el diseño de un sistema de grabación y procesamiento de audio mono o estéreo. En ella se describe de forma detallada los procedimientos, códigos y materiales requeridos, a manera de referencia para su construcción. Este aporte constituye una herramienta de gran utilidad para el Físico en la medida que le permite, con una baja inversión y un conocimiento básico de programación Python, contar con una herramienta de grabación y caracterización de patrones de sonido (señales acústicas).

Esta información está disponible en: <https://makersportal.com/blog/recording-stereo-audio-on-a-raspberry-pi>. Se han realizado modificaciones al contenido original con

la intención facilitar al lector no familiarizado con el sistema operativo Raspbian su comprensión. De igual manera, todos los códigos descritos en el documento, y que se requieren para la configuración del sistema, se pueden encontrar en: https://github.com/makerportal/rpi_i2s.

Grabación de audio mono o estéreo en una RPi

Las placas RPi son capaces de grabar audio estéreo mediante una interfaz llamada bus de sonido inter-IC (I²S o I2S). El estándar I²S utiliza tres cables para registrar datos, realizar un seguimiento de la sincronización (reloj) y determinar si una entrada / salida está en el canal izquierdo o en el canal derecho. Primero, la RPi debe estar preparada para I²S de comunicación mediante la creación / habilitación de un puerto de audio en el sistema Raspbian. Este puerto de audio se utilizará para comunicarse con micrófonos MEMS y, en consecuencia, grabar audio estéreo (un canal izquierdo, un canal derecho). Python iS luego se usa para grabar el audio de 2 canales a través de la biblioteca de audio pyaudio Python. Finalmente, los datos de audio se visualizarán y analizarán en Python con métodos simples de procesamiento de señales digitales que incluyen Transformadas Rápidas de Fourier (FFT), sustracción de ruido y detección de picos de espectro de frecuencia.

Preparación de la RPi para la comunicación I²S

A continuación, se muestra una versión abreviada del tutorial de Adafruit (disponible en:

<https://learn.adafruit.com/adafruit-i2s-mems-microphone-breakout/raspberry-pi-wiring-test>) para preparar la RPi para I² S, comenzando con la carga del sistema operativo Raspbian en una tarjeta SD.

Paso 1. Cargue el sistema operativo RPi en la tarjeta SD

Una vez que el sistema operativo Raspbian esté cargado en la tarjeta SD, inserte la tarjeta en la placa RPi. En el caso que estamos tratando, se utiliza una placa RPi 4B.

Nota: si requiere detalles sobre como cargar el SO en la tarjeta SD, le recomendamos revisar el siguiente enlace: <https://geekland.eu/instalar-raspbian-con-raspberry-pi-imager/>

Paso 2. Actualice la RPi

```
pi @ raspberrypi : ~ $ sudo apt-get -y update
pi @ raspberrypi : ~ $ sudo apt-get -y upgrade
pi @ raspberrypi : ~ $ sudo reboot
```

Lo anterior actualizará cualquier paquete en el RPi y garantizará que el RPi tenga todos los cambios relacionados con los paquetes que se utilizarán junto con la grabación de audio I²S. La actualización es sumamente importante para la próxima instalación de las bibliotecas I²S.

Paso 3. Instale las bibliotecas Python 3 y el módulo I²S

Comenzamos instalando Python3 y pip:

```
pi @ raspberrypi : ~ $ sudo apt install python3-pip
```

A continuación, es bueno instalar Python Integrated Development Learning Environment (IDLE), donde podemos escribir scripts y visualizar datos un poco más fácilmente:

```
pi @ raspberrypi : ~ $ sudo apt-get install idle3
```

Si utiliza un entorno de escritorio (predeterminado) en el RPi, es probable que lo anterior no resulte en actualizaciones ni nuevas instalaciones. Así, podemos continuar con la instalación del shell de Adafruit Python:

```
pi @ raspberrypi : ~ $ sudo pip3 install --upgrade adafruit-python-shell
```

Finalmente, la biblioteca de micrófonos MEMS I²S se puede instalar desde la página de Github de Adafruit:

```
pi @ raspberrypi : ~ $ sudo wget https://raw.githubusercontent.com/adafruit/Raspberry-Pi-Installer-Scripts/master/i2smic.py
```

Suponiendo que lo anterior no dio como resultado algún error, podemos ejecutar el archivo .py que instala la capacidad i2smic en el RPi:

```
pi @ raspberrypi : ~ $ sudo python3 i2smic.py
```

El siguiente mensaje le preguntará al usuario si desea que se cargue la entrada I2S en el arranque. Se debe ingresar 'y', a menos que el usuario prefiera mantener el arranque al mínimo (no recomendado para uso intensivo de audio).

```
pi@raspberrypi: ~
File Edit Tabs Help
This script downloads and installs
I2S microphone support.
RASPBERRY_PI_4B detected.
Auto load module at boot? [y/n]
```

Después de aceptar “cargar” en el arranque, la instalación tomará varios minutos (dependiendo de la velocidad de Internet). Una vez que se completa la instalación, se le pedirá al usuario que reinicie nuevamente. Reinicie y luego continúe con el siguiente paso.

Paso 4. Instalar bibliotecas pyaudio para análisis de Python

La biblioteca 'pyaudio' nos permitirá acceder al micrófono MEMS de I²S a través de Python 3. El proceso de instalación de pyaudio es bastante simple en comparación con la instalación de I²S, y requiere solo unos pocos pasos y módulos (matplotlib y scipy también se agregan como herramientas para análisis y visualizaciones más adelante en este tutorial):

```
pi @ raspberrypi : ~ $ sudo apt-get install libportaudio0 libportaudio2 libportaudiocpp0
portaudio19-dev
pi @ raspberrypi : ~ $ sudo pip3 install pyaudio matplotlib scipy
```

Nuevamente, reinicie el RPi y abra IDLE después del reinicio y verifique que el I²S esté disponible para la biblioteca pyaudio ejecutando lo siguiente en un entorno de script:

```
#####
# Checking I2S Input in Python
#####
#
import pyaudio

audio = pyaudio.PyAudio() # start pyaudio
for ii in range(0,audio.get_device_count()):
    # print out device info
    print(audio.get_device_info_by_index(ii))
```

Lo siguiente debe enviarse al shell de Python:

```
Python 3.7.3 Shell*
File Edit Shell Debug Options Window Help
Python 3.7.3 (default, Jul 25 2020, 13:03:44)
[GCC 8.3.0] on linux
Type "help", "copyright", "credits" or "license()" for more information.
>>>
===== RESTART: /home/pi/Documents/i2s_check.py =====
{'index': 0, 'structVersion': 2, 'name': 'snd_rpi_i2s_card: simple-card_codec_li
nk snd-soc-dummy-dai-0 (hw:2,0)', 'hostApi': 0, 'maxInputChannels': 2, 'maxOutpu
tChannels': 2, 'defaultLowInputLatency': 0.005804988662131519, 'defaultLowOutput
Latency': 0.008707482993197279, 'defaultHighInputLatency': 0.034829931972789115,
'defaultHighOutputLatency': 0.034829931972789115, 'defaultSampleRate': 44100.0}
{'index': 1, 'structVersion': 2, 'name': 'dmix', 'hostApi': 0, 'maxInputChannels
': 0, 'maxOutputChannels': 2, 'defaultLowInputLatency': -1.0, 'defaultLowOutputL
atency': 0.021333333333333333, 'defaultHighInputLatency': -1.0, 'defaultHighOutp
utLatency': 0.021333333333333333, 'defaultSampleRate': 48000.0}
>>> |
```

'snd_rpi_i2s_card' es nuestro módulo I²S que se comunica con nuestros micrófonos MEMS.

El shell de Python muestra dos dispositivos pyaudio: el primero (índice 0) es la 'tarjeta' I²S que leerá los datos de los micrófonos MEMS I²S conectados a la RPi. Suponiendo que el usuario ve este dispositivo 'snd_rpi_i2s_card' en la impresión de pyaudio, el usuario puede continuar con la siguiente sección, que cubrirá las partes utilizadas en las secciones de prueba y análisis, así como el cableado de los diferentes componentes utilizados en este tutorial.

Lista de piezas y cableado a RPi

La lista de piezas de este tutorial es bastante simple y solo requiere dos componentes principales: un micrófono MEMS (si el Sistema de grabación es *mono* solo requiere uno) (figura 1). y una placa RPi 4B (8 GB RAM).



Figura 1. Imagen de referencia de Micrófono I²S MEMS para RPi (INMP441)

El diagrama de cableado entre la computadora RPi y el micrófono MEMS INMP441 se muestra en la figura 2.

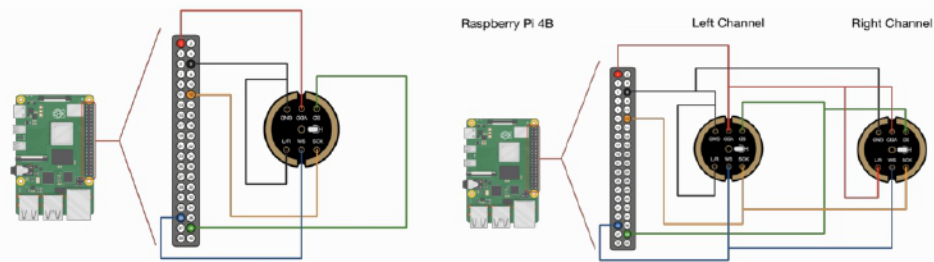


Figura 2. Conexión para entrada de micrófono mono (izquierda) y estéreo (derecha).

El cableado INMP441 anterior es para la entrada I²S mono y estéreo, donde el canal izquierdo se selecciona cableando L/R a tierra, y el derecho se selecciona cableando L/R a VDD. Si el usuario solo tiene un micrófono MEMS, nada es demasiado diferente en el siguiente, pero el tutorial siguiente asume una entrada estéreo.

Raspberry pi	INMP441 (izquierda)	INMP441 (derecha)
3V3	VDD	VDD
Suelo	GND	GND
GPIO 18 (PCM_CLK)	SCK	SCK
GPIO 19 (PCM_FS)	WS	WS
GPIO 20 (PCM_DIN)	SD	SD
Suelo	L / R	-
3V3		L / R

Pruebas de integración de micrófonos MEMS

La mejor manera de verificar la funcionalidad entre los micrófonos MEMS y el módulo I²S es ingresar una señal acústica conocida cerca de los micrófonos. Esto se puede hacer usando una frecuencia generada por una aplicación de teléfono inteligente o un generador de funciones de escritorio. Luego, los datos de audio se pueden analizar utilizando la Transformada Rápida de Fourier (FFT), donde la frecuencia de entrada se puede verificar en el espectro de frecuencia registrado por los micrófonos INMP441.

El siguiente código lleva a cabo algunos pasos de procesamiento de señal para verificar si el micrófono, la RPi y la comunicación I²S funcionan correctamente:

1. Grabe 1 segundo de ruido de fondo (a una frecuencia de muestreo de 44,1 kHz).
2. Graba 5 segundos de datos.
3. Guarde el audio grabado como un archivo .wav en una carpeta llamada 'datos' con el nombre de archivo correspondiente a la fecha/hora actual.
4. Elimina el ruido de fondo de los datos de 5 segundos.
5. Seleccione la frecuencia pico de la respuesta de frecuencia (calculada con Numpy FFT).
6. Trace la serie de tiempo y la respuesta de frecuencia de la grabación de 5 segundos.

```
#####  
# INMP441 MEMS Microphone + I2S Module  
#####  
#  
# -- Frequency analysis with FFTs and saving  
# -- .wav files of MEMS mic recording  
#  
# -----  
# -- by Josh Hrisiko, Maker Portal LLC  
# -----  
#  
#####  
#  
import pyaudio  
import matplotlib.pyplot as plt  
import numpy as np  
import time,wave,datetime,os,csv  
  
#####  
# function for FFT  
#####  
#  
def fft_calc(data_vec):  
    data_vec = data_vec*np.hanning(len(data_vec)) # hanning window  
    N_fft = len(data_vec) # length of fft  
    freq_vec = (float(samp_rate)*np.arange(0,int(N_fft/2)))/N_fft # fft frequency vector  
    fft_data_raw = np.abs(np.fft.fft(data_vec)) # calculate FFT  
    fft_data = fft_data_raw[0:int(N_fft/2)]/float(N_fft) # FFT amplitude scaling  
    fft_data[1:] = 2.0*fft_data[1:] # single-sided FFT amplitude doubling  
    return freq_vec,fft_data
```

```

#
#####
# function for setting up pyserial
#####
#
def pyserial_start():
    audio = pyaudio.PyAudio() # create pyaudio instantiation
    #####
    ### create pyaudio stream ###
    # -- streaming can be broken down as follows:
    # -- -- format          = bit depth of audio recording (16-bit is standard)
    # -- -- rate            = Sample Rate (44.1kHz, 48kHz, 96kHz)
    # -- -- channels        = channels to read (1-2, typically)
    # -- -- input_device_index = index of sound device
    # -- -- input          = True (let pyaudio know you want input)
    # -- -- frames_per_buffer = chunk to grab and keep in buffer before reading
    #####
    stream = audio.open(format = pyaudio_format,rate = samp_rate,channels = chans, \
                        input_device_index = dev_index,input = True, \
                        frames_per_buffer=CHUNK)
    stream.stop_stream() # stop stream to prevent overload
    return stream,audio

def pyserial_end():
    stream.close() # close the stream
    audio.terminate() # close the pyaudio connection
#
#####
# function for plotting data
#####
#
def plotter(plt_1=0,plt_2=0):
    plt.style.use('ggplot')
    plt.rcParams.update({'font.size':16})
    #####
    # ---- time series and full-period FFT
    if plt_1:
        fig,axs = plt.subplots(2,1,figsize=(12,8)) # create figure
        ax = axs[0] # top axis: time series
        ax.plot(t_vec,data,label='Time Series') # time data
        ax.set_xlabel('Time [s]') # x-axis in time
        ax.set_ylabel('Amplitude') # y-axis amplitude
        ax.legend(loc='upper left')

        ax2 = axs[1] # bottom axis: frequency domain

```

```

ax2.plot(freq_vec,fft_data,label='Frequency Spectrum')
ax2.set_xscale('log') # log-scale for better visualization
ax2.set_yscale('log') # log-scale for better visualization
ax2.set_xlabel('Frequency [Hz]')# frequency label
ax2.set_ylabel('Amplitude') # amplitude label
ax2.legend(loc='upper left')

# peak finder labeling on the FFT plot
max_indx = np.argmax(fft_data) # FFT peak index
ax2.annotate(r'$f_{max}$'+ ' = {0:2.1f}Hz'.format(freq_vec[max_indx]),
            xy=(freq_vec[max_indx],fft_data[max_indx]),
            xytext=(2.0*freq_vec[max_indx],
                    (fft_data[max_indx]+np.mean(fft_data))/2.0),
            arrowprops=dict(facecolor='black',shrink=0.1)) # peak label

#####
# ---- spectrogram (FFT vs time)
if plt_2:
    fig2,ax3 = plt.subplots(figsize=(12,8)) # second figure
    t_spec =
np.reshape(np.repeat(t_spectrogram,np.shape(freq_array)[1]),np.shape(freq_array))
    y_plot = fft_array # data array
    spect = ax3.pcolormesh(t_spec,freq_array,y_plot,shading='nearest') # frequency vs.
time/amplitude
    ax3.set_ylim([20.0,20000.0])
    ax3.set_yscale('log') # logarithmic scale in freq.
    cbar = fig2.colorbar(spect) # add colorbar
    cbar.ax.set_ylabel('Amplitude',fontsize=16) # amplitude label

fig.subplots_adjust(hspace=0.3)
fig.savefig('I2S_time_series_fft_plot.png',dpi=300,
            bbox_inches='tight')
plt.show() # show plot
#
#####
# function for grabbing data from buffer
#####
#
def data_grabber(rec_len):
    stream.start_stream() # start data stream
    stream.read(CHUNK,exception_on_overflow=False) # flush port first
    t_0 = datetime.datetime.now() # get datetime of recording start
    print('Recording Started.')
    data,data_frames = [],[] # variables
    for frame in range(0,int((samp_rate*rec_len)/CHUNK)):

```

```

# grab data frames from buffer
stream_data = stream.read(CHUNK,exception_on_overflow=False)
data_frames.append(stream_data) # append data
data.append(np.frombuffer(stream_data,dtype=buffer_format))
stream.stop_stream() # stop data stream
print('Recording Stopped.')
return data,data_frames,t_0
#
#####
# function for analyzing data
#####
#
def data_analyzer(chunks_ii):
    freq_array,fft_array = [],[]
    t_spectrogram = []
    data_array = []
    t_ii = 0.0
    for frame in chunks_ii:
        freq_ii,fft_ii = fft_calc(frame) # calculate fft for chunk
        freq_array.append(freq_ii) # append chunk freq data to larger array
        fft_array.append(fft_ii) # append chunk fft data to larger array
        t_vec_ii = np.arange(0,len(frame))/float(samp_rate) # time vector
        t_ii+=t_vec_ii[-1]
        t_spectrogram.append(t_ii) # time step for time v freq. plot
        data_array.extend(frame) # full data array
    t_vec = np.arange(0,len(data_array))/samp_rate # time vector for time series
    freq_vec,fft_vec = fft_calc(data_array) # fft of entire time series
    return t_vec,data_array,freq_vec,fft_vec,freq_array,fft_array,t_spectrogram
#
#####
# Save data as .wav file and .csv file
#####
#
def data_saver(t_0):
    data_folder = './data/' # folder where data will be saved locally
    if os.path.isdir(data_folder)==False:
        os.mkdir(data_folder) # create folder if it doesn't exist
    filename = datetime.datetime.strftime(t_0,
        '%Y_%m_%d_%H_%M_%S_pyaudio') # filename based on
recording time
    wf = wave.open(data_folder+filename+'.wav','wb') # open .wav file for saving
    wf.setnchannels(chans) # set channels in .wav file
    wf.setsampwidth(audio.get_sample_size(pyaudio_format)) # set bit depth in .wav file
    wf.setframerate(samp_rate) # set sample rate in .wav file
    wf.writeframes(b".join(data_frames)) # write frames in .wav file

```

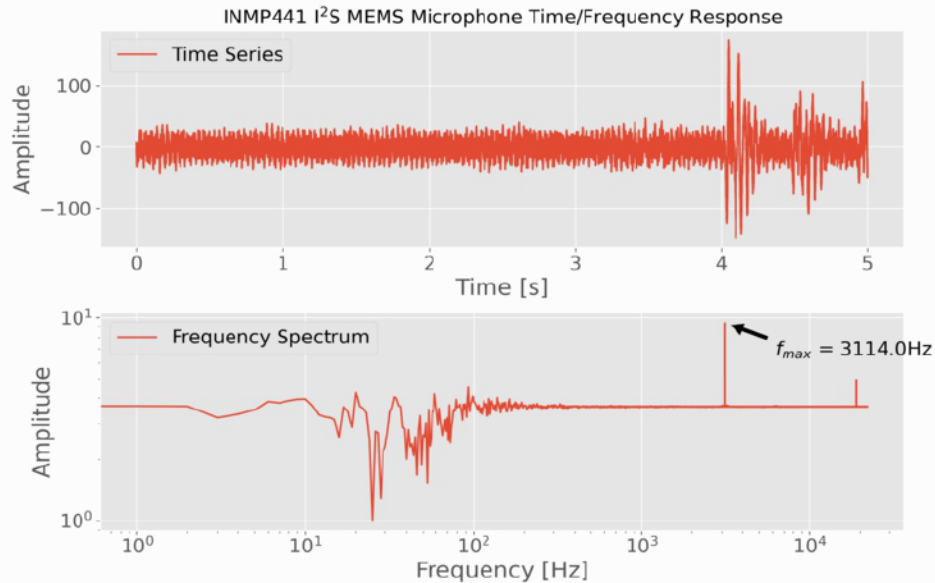
```

wf.close() # close .wav file
return filename
#
#####
# Main Data Acquisition Procedure
#####
#
if __name__ == "__main__":
    #
    #####
    # acquisition parameters
    #####
    #
    CHUNK      = 44100 # frames to keep in buffer between reads
    samp_rate  = 44100 # sample rate [Hz]
    pyaudio_format = pyaudio.paInt16 # 16-bit device
    buffer_format = np.int16 # 16-bit for buffer
    chans      = 1 # only read 1 channel
    dev_index  = 0 # index of sound device
    #
    #####
    # stream info and data saver
    #####
    #
    stream,audio = pyserial_start() # start the pyaudio stream
    record_length = 5 # seconds to record
    input('Press Enter to Record Noise (Keep Quiet!)')
    noise_chunks, _ = data_grabber(CHUNK/samp_rate) # grab the data
    input('Press Enter to Record Data (Turn Freq. Generator On)')
    data_chunks,data_frames,t_0 = data_grabber(record_length) # grab the data
    data_saver(t_0) # save the data as a .wav file
    pyserial_end() # close the stream/pyaudio connection
    #
    #####
    # analysis section
    #####
    #
    _,_,fft_noise,_,_ = data_analyzer(noise_chunks) # analyze recording
    t_vec,data,freq_vec,fft_data,\
        freq_array,fft_array,t_spectrogram = data_analyzer(data_chunks) # analyze
recording
    # below, we're subtracting noise
    fft_array = np.subtract(fft_array,fft_noise)
    freq_vec = freq_array[0]
    fft_data = np.mean(fft_array[1:,:],0)

```

```
fft_data = fft_data+np.abs(np.min(fft_data))+1.0
plotter(plt_1=1,plt_2=0) # select which data to plot
# ^(plt_1 is time/freq), ^(plt_2 is spectrogram)
```

La salida resultante debe verse similar a la gráfica que se muestra a continuación:



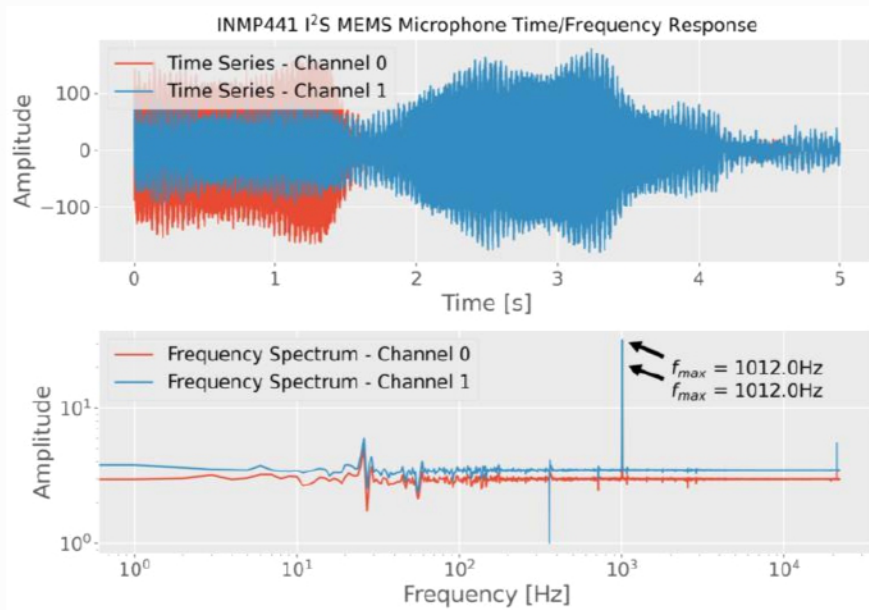
En el ejemplo que se muestra, se ingresó una señal de 3 114 Hz utilizando un generador de frecuencia de teléfono inteligente colocado a 30 cm de distancia del micrófono MEMS INMP441. En esta etapa, con la respuesta de frecuencia que coincide con la frecuencia de entrada generada por la aplicación, podemos estar seguros de que la RPi lee correctamente el micrófono. También se puede notar que la amplitud es bastante baja en la respuesta del micrófono; abordaremos esto, así como los ajustes que se deben realizar en el código para permitir la grabación estéreo.

Grabación estéreo I²S

Con el código anterior, se pueden ajustar algunos parámetros para facilitar la lectura de dos fuentes I²S. Esto da como resultado una entrada de audio estéreo, que podemos usar para calcular relaciones interesantes entre la señal acústica de entrada y los dos micrófonos.

La salida que corresponde al código modificado (ver documentación original) debería dar como resultado que dos canales se tracen de manera similar a la trama anterior en el caso de entrada mono. La serie de tiempo estéreo y la respuesta de frecuencia para

una frecuencia de entrada de 1 012 Hz generada a través de una aplicación de teléfono inteligente se muestran a continuación:



En este caso, los micrófonos captan la misma señal, pero sus registros en el tiempo reflejan un desfase que corresponde a la secuencia que establece para el registro de la información que se obtiene en cada canal.

Anexo-3

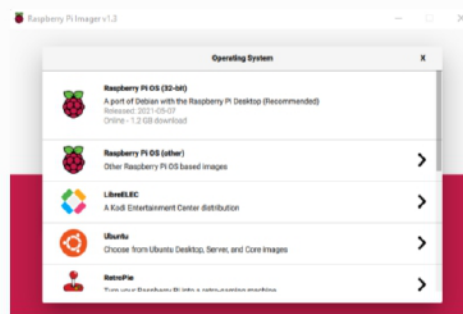
Manual básico de instalación de sistemas operativos para la RPi 4.

A continuación, mostramos uno de los diversos procedimientos para cargar un SO en una microSD, para su uso en una RPi 4. En este caso es necesario contar con una microSD de al menos 8 GB para la instalación del SO y una computadora con ranura para tarjeta SD para cargar el SO mediante el uso de la aplicación Raspberry Pi Imager (disponible en: <https://www.raspberrypi.com/software/>).

Instalada la aplicación se desplegará una ventana como la mostrada a continuación, donde tendrá acceso a dos elecciones: Operating System (*Sistema operativo*) y SD Card (*tarjeta SD*).



En la pestaña “CHOOSE OS” podrá acceder a un menú de sistemas operativos que puede cargar, dentro de ellos Raspberry Pi OS y Ubuntu (ver siguiente figura). Luego de elegir el SO de su preferencia, seleccione la unidad donde desea cargar la imagen presionando sobre la pestaña “CHOOSE SD CARD”, lo que desplegará las ubicaciones disponibles en su equipo. Habiendo realizado las elecciones correspondientes se habilitará la pestaña “WRITE”, y al presionar, dará inicio el proceso de carga.



El proceso de grabación de la imagen tarda unos minutos, por lo que durante ese tiempo no debe retirar la memoria de su computador. Cargado el SO en la tarjeta puede iniciar el proceso de configuración en su RPi.