

**Bellotti, Marcelo** <sup>[1]</sup> <sup>[a]</sup>; **Bon Foster, Raul** <sup>[1]</sup> <sup>[b]</sup>; **Miguez, Alejandro** <sup>[1]</sup> <sup>[c]</sup>; **Casaccia, Héctor** <sup>[1]</sup> <sup>[d]</sup>; **Badel, Hernán** <sup>[1]</sup> <sup>[e]</sup>

<sup>[1]</sup>Universidad de la Marina Mercante

<sup>[a]</sup>[mabellotti@udemmm.edu.ar](mailto:mabellotti@udemmm.edu.ar); <sup>[b]</sup>[raul.bon.foster@udemmm.edu.ar](mailto:raul.bon.foster@udemmm.edu.ar); <sup>[c]</sup>[alejandromiguez@docentes.udemm.edu.ar](mailto:alejandromiguez@docentes.udemm.edu.ar);

<sup>[d]</sup>[hector.casaccia@docentes.udemm.edu.ar](mailto:hector.casaccia@docentes.udemm.edu.ar); <sup>[e]</sup>[hernan.badel@docentes.udemm.edu.ar](mailto:hernan.badel@docentes.udemm.edu.ar)

Artículo presentado en el 7º Congreso Argentino de Ingeniería (CADI), 13º Congreso Argentino de Enseñanza de Ingeniería CAEDI, San Juan, 4 al 6 septiembre de 2024

## Laboratorio Híbrido para Electrónica Básica Analógica y Digital

### Resumen

El crecimiento territorial de algunas universidades, sumado a las decisiones individuales de los estudiantes de inscribirse en instituciones distantes de su lugar de residencia, plantea un desafío en términos de participación efectiva en las prácticas de laboratorio. Las “aulas híbridas” cumplen los requisitos de la Res.2641/2018 que definen la presencialidad mediada por tecnología. La formación experimental se realiza en los laboratorios de la universidad, pero los medios, equipos y metodología necesariamente tiene que ser la adecuada para cumplir con dicha resolución y satisfacer condiciones específicas que dependen de cada práctica en particular. Nuestro proyecto tiene como objetivo desarrollar un esquema de trabajo denominado “Laboratorio Híbrido para Electrónica Básica Analógica y Digital” que consiste en investigar la viabilidad de varias combinaciones de espacios físicos, hardware, software, metodologías tecnológicas y didácticas, para permitir que el estudiante que esté presente en forma asistida por tecnología adquiera los mismos conocimientos y competencias que aquel que está presente en forma física. Además, se busca que el estudiante pueda observar y también controlar parte del instrumental utilizado. La práctica es registrada en video y los valores obtenidos en las mediciones son documentados en papel y también en espacios electrónicos específicos que facilitan acceder a las grabaciones, imágenes, capturas de pantallas y valores medidos contribuyendo a reducir la influencia de los posibles errores experimentales. Los resultados de la presente investigación arrojan retroalimentación valiosa sobre la aplicación de estas tecnologías y metodologías, tanto para docentes e investigadores como para los estudiantes.

**Palabras clave:** Laboratorio híbrido, electrónica básica, aprendizaje a distancia, presencialidad mediada por tecnología, prácticas de laboratorio.

### Abstract

The territorial growth of some universities, coupled with the individual decisions of students to enroll in institutions far from their place of residence, poses a challenge in terms of effective participation in laboratory practices. “Hybrid classrooms” meet the requirements of Res. 2641/2018 that define technology-mediated presence. Experimental training is carried out in university laboratories, but the means, equipment and methodology necessarily have to be adequate to comply with this resolution and satisfy specific conditions that depend on each particular practice. Our project aims to develop a

work scheme called “Hybrid Laboratory for Basic Analog and Digital Electronics” which consists of investigating the viability of various combinations of physical spaces, hardware, software, technological and didactic methodologies, to allow the student who is present in a technology-assisted manner to acquire the same knowledge and skills as the one who is present physically. In addition, it is sought that the student can observe and also control part of the instruments used. The practice is recorded on video and the values obtained in the measurements are documented on paper and also in specific electronic spaces that facilitate access to the recordings, images, screenshots and measured values, contributing to reducing the influence of possible experimental errors. The results of this research provide valuable feedback on the application of these technologies and methodologies, both for teachers and researchers as well as for students.

**Key Words:** Hybrid laboratory, technology-assisted presence, distance learning, laboratory practices, basic electronics.

## INTRODUCCIÓN

La Resolución Ministerial 2641/2017[2] define que hay presencialidad mediada por tecnología cuando es posible la interacción en tiempo real entre docente y alumno, pero también entre alumnos entre si.

El concepto de “Aula Híbrida” no es tan nuevo, está definido por Fainholc [3]) y en UdeMM ya acumula una trayectoria de tres años cumpliendo con dicha resolución.

Sin embargo, su contrapartida de “Laboratorio Híbrido” es más reciente y su desarrollo comenzó en el 2023.

El uso de herramientas de cálculo basadas en software se ha incrementado y es un componente más como herramienta habitual de diseño, pero no es perfecto, no cubre todas las posibilidades y solo genera competencias acerca de su uso, mientras que se tiene certeza del funcionamiento real de un circuito o equipo mediante ensayos y mediciones en laboratorio y en experiencia prolongada en campo.

## OBJETIVOS

Se busca que tanto los alumnos que tengan presencialidad física como mediada por tecnología:

- Vean el mismo circuito, dispositivos bajo prueba (DUT o Device under Test), displays o pantallas.

- Obtengan los mismos valores para realizar cálculos, comprobaciones o verificaciones experimentales.
- Dispongan en línea del material de prácticas anteriores, iguales o similares, incluyendo sus grabaciones, como material de estudio y preparación previa.
- Dispongan de la grabación de pantallas o displays para la posterior confección de informes, estudios y comparaciones.
- Adquieran los mismos conocimientos y competencias.
- Dispongan de más moderna información, tecnología y metodología especialmente en aquellas prácticas en la cuales deben proyectar, calcular, diseñar, construir y poner en funcionamiento circuitos, etapas, módulos o equipos.

## DESARROLLO

Para estas prácticas se han usado como equipamiento mínimo: una PC con doble monitor HD (1920x1080 pixeles), conectada a una sesión de Google Meet, micrófono y parlantes, una cámara HD, generador de funciones u ondas arbitrarias, fuente de alimentación, multímetro, osciloscopio basado en PC. Dependiendo de su tipo, en algunas de las prácticas se han agregado: software de generación de ondas y análisis de espectro en audio o pantallas de visualización de microcontroladores, más multímetros, analizador de espectro, osciloscopio convencional cuyo diagrama de bloques general se

muestra en la figura 1, u otros dispositivos específicos para un caso en particular.

Los dispositivos a probar (DUT) fueron etapas rectificadoras, filtros, reguladores, amplificadores, lógica digital convencional o basada en microcontroladores. En las prácticas de modulación, se conecta el generador al osciloscopio y analizador de espectro.

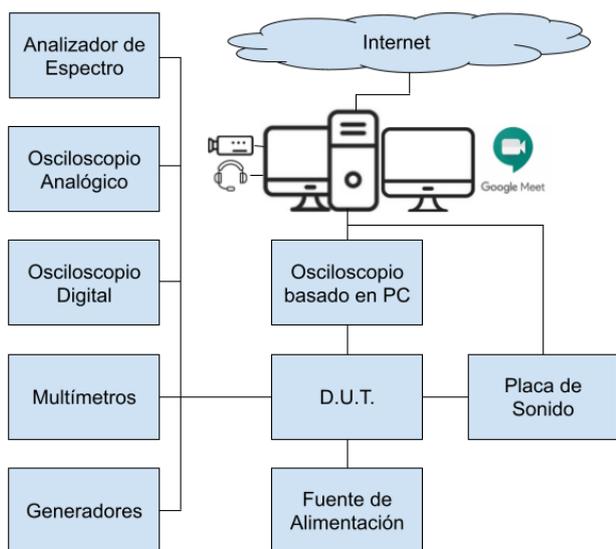


Figura 1: Diagrama de bloques general.

Dado que la premisa principal es que se puedan ver las pantallas de los instrumentos tanto en forma local como remota asistida por tecnología y además que la secuencia de pruebas que disponible para un posterior análisis, el nodo central de recolección de la información en una PC corriendo en tiempo real una videoconferencia con Google Meet que queda grabada.

Dicho sistema de videoconferencia captura, comparte, emite y graba en HD (High Definition: 1920x1080 pixeles) y lo que ha funcionado con mejor resolución evitando interpolaciones, fue usar una video cámara y un monitor de no menos de 22" (56 cm de pantalla efectiva medida en diagonal), ambos con dicha resolución nativa. Hay una muestra en la figura 2.

Al entrar en videoconferencia con grabación, lo que se comparte y queda grabado no es una ventana de una aplicación sino la pantalla entera de uno de los monitores con la citada resolución, dentro de la cual el

profesor organiza las ventanas, por ejemplo, de osciloscopio, analizador de espectro, generador de ondas si está basado en PC, etc., que se van a mostrar y grabar.

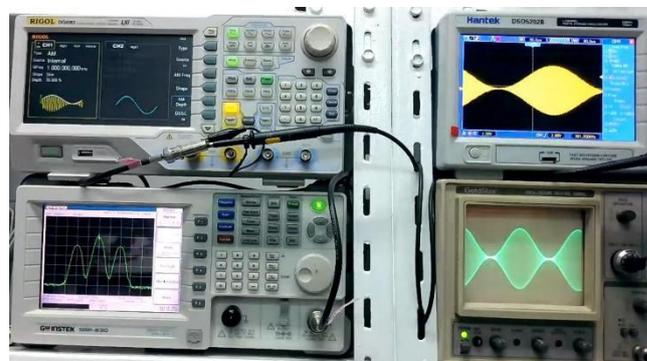


Figura 2: Extracto de captura de pantalla compartida con generador, osciloscopios y analizador de espectro.

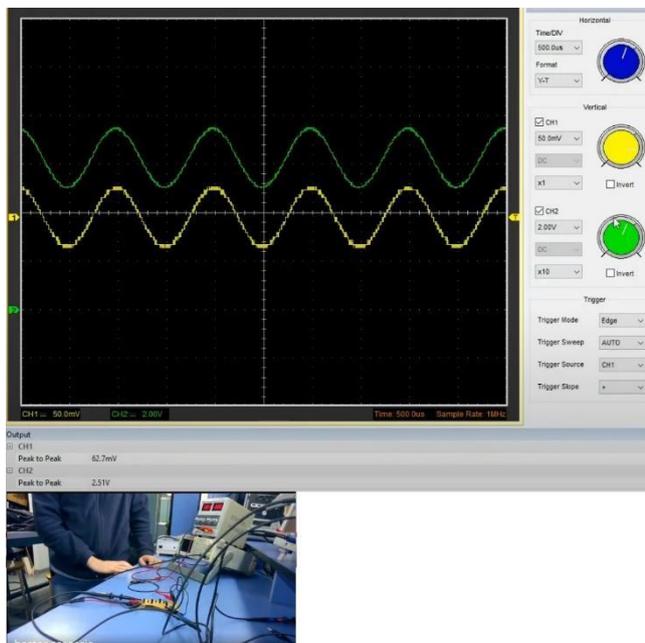
A su vez se necesita que la PC tenga un segundo monitor, que se usará para administrar la PC, los repositorios de archivos y el software que se corre para cada práctica.

La cámara usada es una Trust Tyro Full HD (1920x1080 pixeles) con autoiris (ajusta automáticamente la luz), macro (es capaz de enfocar objetos a distancias cortas por ej. 10 cm) y autofocus (ajusta automáticamente el foco para que las imágenes sean nítidas), que se monta en un trípode pequeño sobre una mesada de laboratorio. La misma incluye micrófono y parlantes, pero no es recomendable usar, porque toma mucho ruido, eco o reverberancia del ambiente y si se usan sus parlantes, el sistema de cancelación de eco, en la práctica impide una comunicación full-dúplex (comunicación bidireccional en la cual ambos o todos los participantes pueden hablar simultáneamente sin cortes, al igual que personas en una reunión física)

El micrófono es el basado en electret (tecnología de micrófono sencillo, económico y de dimensiones en el orden de pocos milímetros) de una "vincha", "diadema" o "headset" que incluye auriculares. Hemos probado que este tipo de dispositivos, ubicados a 2 a 4 cm de distancia de la boca, no de frente sino de costado, produce buen audio, sin eco ni reverberancia, si hay gente hablando a 5 metros normalmente no se escucha en la conferencia ni sale en grabación, aun cuando localmente se oyen perfectamente.

Si hiciera falta otro tipo de micrófono e incluso en simultáneo con el descripto, se puede usar un micrófono de mano, también basado en electret y hemos comprobado que ambos se pueden usar simultáneamente si a la entrada de micrófono de la placa de sonido de la PC se le conecta una ficha “Y” que habilitará el uso de dos micrófonos simultáneos. Las placas de sonido suelen soportar dos micrófonos a electret en simultáneo. Además, hay placas de sonido externas USB, que en forma nativa tienen dos entradas y dos salidas que fueron previstas para uso simultáneo.

Como fuente de onda, se puede usar cualquier generador de audio o de funciones y en algunas prácticas, la placa de sonido de una PC, pero se prefieren usar los generadores de ondas arbitrarias Siglent SDG 1050 y especialmente el Rigol DG 6042, porque su ancho de banda, tiempos de crecimiento en onda cuadrada, salida de 50 Ohms, y modulación definible en AM (Amplitud Modulada), FM (Frecuencia Modulada), FSK (Modulación digital por desplazamiento de frecuencia), PSK (modulación digital por desplazamiento de fase), son especialmente aptas para prácticas de Fourier y de comunicaciones, además de las convencionales en audio.



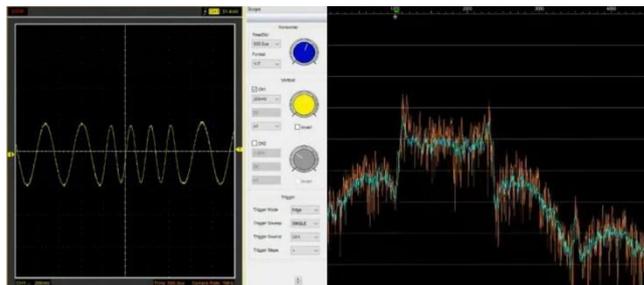
**Figura 3:** Extracto de captura de pantalla compartida.

En las prácticas de modulación y análisis de ancho de banda con datos reales en FSK con continuidad de fase y PSK con reducción de amplitud y cambio de fase

en el momento de amplitud nula, han sido adecuados los software MixW [7] o MultiPSK [8].

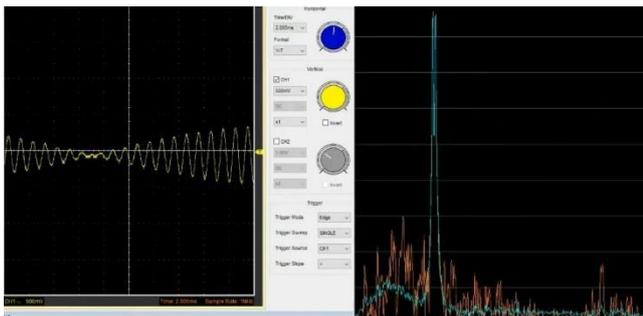
Se han usado dos osciloscopios convencionales, uno analógico (Goldstar OS-8100A, 100 MHz) y uno digital (GW-Instek GDS-1102A, 100 MHz) cuyas pantallas están dentro de la cobertura de la cámara.

El tipo de osciloscopio recomendado para este tipo de prácticas de laboratorio, es cualquiera que tenga interface USB y que esté previsto en su diseño que su control y visualización del display esté basado en PC. Para estos desarrollos hemos utilizado el Hantek 6022BE, con buenos resultados que se observan en la figura 3. En cuanto a análisis de espectro, debemos señalar que, si bien este osciloscopio tiene FFT (Transformada Rápida de Fourier), la misma es poco flexible en el dominio de las frecuencias y solo tiene escala lineal en el dominio de las amplitudes, por lo tanto, es difícil visualizar componentes armónicos en decibeles y no es una opción recomendada para visualizar espectro.



**Figura 4:** Extracto de captura de pantalla compartida para FSK generado con MultiPSK [8]. Lado izquierdo: amplitud y demostración de continuidad de fase. Lado derecho: demostración del espectro ocupado con MixW [7].

Para análisis de espectro en audio hemos usado placa de sonido de PC, tanto interna como externa Focusrite Scarlett Solo (Conversores Analógico-Digital y Digital-Analógico de 24 bit, 192 KHz de velocidad de muestreo), que funcionan con cualquier software de manejo de audio que tenga análisis de espectro mediante (FFT), con escala logarítmica por lo menos en amplitud, en nuestro caso hemos usado Audacity [9], entre otros que se muestra en las figuras 4 y 5.



**Figura 5: Extracto de captura de pantalla compartida para PSK. Lado izquierdo: amplitud y demostración de cambio en cruce por cero. Lado derecho: demostración del espectro ocupado.**

El analizador de espectro de RF usado es un GW-Instek modelo GSP-830.



**Figura 5: Extracto de captura de pantalla compartida con detalle del analizador de espectro.**

Al display de este analizador se lo enfoca con la cámara mencionada, con o sin otros instrumentos, y la resolución real es tal que el alumno que está remoto ve perfectamente todos los gráficos y valores incluyendo la posición de los marcadores en pantalla, además de quedar grabado, que se visualiza en la figura 5.

Los dispositivos bajo prueba con este conjunto de equipos y metodologías de medición pueden ser etapas rectificadoras, multiplicadores, filtros, amplificadores, osciladores, mezcladores o lógica digital discreta, con los cuales se usan generador, osciloscopio y cámara.

En el caso de prácticas de lógica digital basada en microcontroladores o sistemas de control, hemos usado microcontroladores Arduino, Raspberry y ESP32 con display nativo en PC que se organiza como una

ventana dentro de la pantalla a compartir. En el caso de medición de puesta a tierra se usó un telurímetro TES 1605 que fue enfocado por una cámara y mostrado en una pantalla compartida.



**Figura 6: Extracto de captura de pantalla compartida con detalle del telurímetro durante una medición de puesta a tierra.**

Para que el alumno remoto pueda no solo observar sino también controlar al menos parte de las prácticas hemos usado software de escritorio remoto AnyDesk [10], compartiendo el control de la misma pantalla que se muestra y se graba, lo cual fue aplicable por ahora al osciloscopio Hantek 6022 y a la generación de ondas y/o muestra de espectro en el rango de audio basados en placa de sonido de PC.

## RESULTADOS

Después de varios meses de prácticas con muchas combinaciones de instrumentos, PCs, cámaras y pantallas hemos arribado a las soluciones descritas que han permitido mostrar instrumentos y dispositivos bajo prueba en forma local y a distancia, ver pantallas de instrumentos o dispositivos que trabajan con PC y controlar algunos de ellos a distancia.

Para que se aproveche mejor el tiempo y se produzca una mejor internalización del conocimiento,

es necesario que el alumno trabaje en su zona de desarrollo próximo descrita por Vigotsky [4]. Para ello se hace una preparación previa para que el alumno conozca la teoría y tenga disponibles y estudiados con antelación las guías e informes de prácticas anteriores iguales o similares y haya visto las grabaciones anteriores obtenidas como funcionalidades de Google Meet o videos externos.

### **EVALUACIÓN DE LOS RESULTADOS DE APRENDIZAJE**

Por tratarse de sesiones de laboratorio en vivo, se observa a los estudiantes tomando notas sobre su desempeño y actitud. La retroalimentación o feedback es inmediata y se la provee para corregir errores, inducir a buscar bibliografía o reforzar conceptos.

Cualquiera sea el plan de estudio o materia, las prácticas y sus modalidades, los alumnos deben presentar un informe detallado de sus experimentos, incluyendo hipótesis, metodología, tablas de resultados y comparación entre valores calculados y valores medidos con un análisis de lo realizado, de las posibles discrepancias y conclusiones, que es aprobado por el titular, JTP (Jefe de Trabajos Prácticos) o Jefe de Laboratorio, después de un coloquio.

Cuando las prácticas son de proyecto, cálculo, diseño, construcción y puesta en marcha a cargo de los alumnos, estos deben demostrar en Laboratorio haber adquirido competencias en dichos aspectos ya que el circuito, etapa o equipo debe funcionar y cumplir las premisas de diseño que integren varios conceptos y técnicas aprendidas durante la formación experimental. La aprobación de este tipo de prácticas se realiza mediante redacción de un informe completo y una defensa oral, en las cuales se deben demostrar competencias blandas de escritura, oralidad, trabajo en equipo y competencias genéricas tales como pensamiento crítico, autonomía y responsabilidad, con resultados evaluables mediante una rúbrica detallada.

Las guías de problemas o preguntas de unidad de las materias que tienen prácticas de laboratorio y los exámenes parciales y finales, incluyen preguntas específicas sobre las prácticas, con resultados medibles, que si no se participa activamente, es difícil responderlas correctamente.

### **OPINIONES DE LOS ALUMNOS SOBRE PRÁCTICAS DE LABORATORIO HÍBRIDO**

Entre un grupo de alumnos habituados a tener prácticas con presencialidad física, pero que también han tenido prácticas presenciales sincrónicas, pero mediadas por tecnología, es decir que conocen bien ambas modalidades, se les hizo una encuesta y los resultados fueron los siguientes:

Todos evaluaron las prácticas híbridas como iguales o equivalentes a las convencionales.

Todos opinaron que en las prácticas híbridas se obtienen conocimientos iguales o equivalentes a las convencionales.

Todos consideraron que el equipamiento usado hasta ahora fue suficiente

Todos opinaron que la metodología aplicada hasta ahora fue adecuada.

El 50% opinó como fortaleza que puede volver a ver la práctica porque queda grabada (antes no se hacía).

El 50% opinó como debilidad que hay que mejorar la iluminación y usar más cámaras para instrumentos en forma simultánea o más displays nativos por PC cuya pantalla se comparte y graba.

El 50% manifestó como debilidad y punto de posible mejora el tiempo que lleva extraer una captura de pantalla del osciloscopio GW-Instek (por memoria SD) y del Analizador de Espectro GW-Instek (por memoria USB), que luego son utilizados para análisis detallado en los informes.

Otro grupo de alumnos, que no habían realizado anteriormente prácticas convencionales y solo realizaron prácticas híbridas algunos localmente u otros a distancia, opinaron en un cuestionario abierto que:

Están satisfechos con el nuevo instrumental adquirido o puesto a funcionar para prácticas híbridas, con visualización en PC y grabación.

Opinan que se logró comunicar bien el objetivo de la práctica y aprender lo que se pretende en las prácticas.

Sugieren poner más cámaras simultáneamente o instrumental que permita ver su display en PC

Señalan que en algunas ocasiones entró mucho ruido por micrófono y sugieren poner micrófonos corbateros, vincha u otra tecnología que tome menos ruido ambiente porque el diálogo con el docente o JTP es permanente.

Las encuestas revelan una retroalimentación muy positiva por parte de los estudiantes, quienes destacan claramente las ventajas de las prácticas del laboratorio híbrido en comparación con las convencionales presenciales. Además, se han recopilado propuestas valiosas para mejorar el sistema.

## **DISCUSIONES Y CONCLUSIONES**

Fainholc [3] menciona que "la vida y por ende el proceso educativo, no son perfectos ni finales con teorías ideales que los avalan in eternum". El campo de Laboratorio Híbrido (o "blended") no es una excepción, está en desarrollo y se sigue trabajando permanentemente para mejorar el equipamiento, su configuración, estrategias pedagógicas y metodologías, que dependen de cada materia y de cada práctica, sin que exista una solución única e ideal para todas.

Surge como recomendación que en adelante cualquier instrumento que se compre o práctica que se arme, tenga como premisa que se pueda ver en una ventana dentro de una pantalla de PC, para que se pueda compartir y además quedar grabada.

La misma recomendación es aplicable a los valores obtenidos por instrumentos, que sean parte de un esquema sistemático de adquisición de datos.

También es recomendable fortalecer la formación experimental y por competencias mencionadas por Confedi [5] y Cukierman [11] para promover un mejor aprovechamiento del laboratorio, incrementando la frecuencia de su uso por parte del alumno, haciendo más prácticas y subdividiendo aquellas que sean largas por otras más cortas, pero más frecuentes y teniendo en cuenta lo mostrado por Ayala [6], pasando a un sistema de evaluación continua formativa como lo descrito por Nitko [12].

Los laboratorios híbridos en prácticas de ingeniería representan una evolución significativa en la educación superior, combinando lo mejor de ambos mundos: la accesibilidad y flexibilidad de los entornos virtuales con la experiencia práctica de los laboratorios físicos. Aunque existen desafíos, los beneficios y las oportunidades de innovación

continúan impulsando su adopción y desarrollo en instituciones educativas de todo el mundo.

A modo de resumen, los próximos pasos para continuar con las mejoras en la experiencia de los estudiantes en el uso del laboratorio híbrido contemplan la adquisición y fabricación de adquirentes de datos y equipos que mejoren la visualización de los datos obtenidos.

## **LIMITACIONES ENCONTRADAS**

La mayoría de los generadores de ondas, multímetros y frecuencímetros con que se cuenta, no están basados en PC, lo cual obliga a que sean parte del cuadro enfocado en la cámara y ser controlados en forma local y manual.

Los valores medidos por multímetros, normalmente se registran en forma manual, lo cual hace dificultosa las mediciones que se extienden en el tiempo.

El esquema mostrado no es aplicable a prácticas o desarrollos de electrónica de potencia sobre línea viva de 220 o 380 Volts porque entra en conflicto la puesta a tierra y la no existencia de aislación galvánica, lo cual necesita de otro tipo de esquema de instrumental y conexiones completamente diferentes que son parte de otro proyecto de investigación y desarrollo sobre electrónica de potencia.

Según las pruebas que hicimos, el caudal de información que se intercambia en tiempo real necesita una buena conectividad internet, sin microcortes y con una latencia estable, lo cual excluye las conexiones WiFi, por lo que se recomienda basar todo en cableados Ethernet de buena calidad.

## **POSIBLES MEJORAS Y FUTURAS INVESTIGACIONES Y DESARROLLOS**

El campo de desarrollo en Laboratorio Híbrido es grande para ser abarcado en una simple proyecto y documento y además, cambiante y evolutivo. Sin embargo, a medida que avanzamos en lo descrito, quedaron claras las necesidades de encarar mejoras y otros proyectos que involucren mostrar en pantalla de PC y registrar lo que muestran los multímetros, ver y controlar en PC los generadores de funciones y hacer

adquisiciones de datos en forma sistemática por instrumento como modernización de la lectura y anotación de valores incluyendo su automatización para aquellos sistemas cuyo estudio requiere horas, días o meses de funcionamiento continuo.

A lo largo del presente trabajo se han detallado las próximas mejoras en tecnología y metodología, siempre con el objetivo de enriquecer la experiencia de los estudiantes y facilitar su adaptación al entorno educativo. Estas mejoras se orientan a ajustar las metodologías de enseñanza alineándose con la evolución continua del entorno educativo para ofrecer una experiencia de aprendizaje más efectiva y acorde con las necesidades actuales.

## REFERENCIAS

### Norma:

[2] Resolución ministerial 2641/2017 recuperada de: [https://www.coneau.gob.ar/archivos/form09posg/ReSMED2641\\_17.pdf](https://www.coneau.gob.ar/archivos/form09posg/ReSMED2641_17.pdf) .

### Libros:

[3] Fainhloc, Beatriz (2017, Una pedagogía virtual, Editorial UOC.

[11] Cukierman, U.; Kolocai, G. (2019). El Enfoque por Competencias en las Ciencias Básicas. Casos y Ejemplos en Educación en Ingeniería. CIIE/Confedi, Edutecne.

[12] Nitko, A; Brookhart, S.(2014), Educational Assessment of Students. Pearson.

### Monografía:

[4] Vigotsky, Lev (2003), The Zone of Proximal Development. *Vygotsky's Analysis of Learning and Instruction*.

### Anales de Congresos y Seminarios:

- [5] CONFEDI (2022), Plenario N. 71, recuperado de: <https://www.fi.uba.ar/noticias/71-asamblea-y-reunion-plenaria-del-confedi>
- [6] Ayala, G., Levi, G., Bon Foster, R. (2022), Efectos de la Evaluación Continua / Formativa en Estudiantes Universitarios, XXIX Jornadas de Investigación, Facultad de Psicología, Universidad de Buenos Aires, recuperado de: <http://jimemorias.psi.uba.ar/> .

### Software:

- [7] MixW: <https://mixw.net/>
- [8] MultiPSK: <http://f6cte.free.fr/>
- [9] Audacity: <https://www.audacityteam.org/>
- [10] AnyDesk: <https://anydesk.com>