



Aprendizaje en tiempos de pandemia: una experiencia en la enseñanza de leyes fundamentales de la electricidad.

Isabel Cristina Miranda Vergara, Instituto de Electricidad y Electrónica. Facultad de Ciencias de la Ingeniería. Universidad Austral de Chile, isabelmiranda@uach.cl

José Gabriel Mardones Fernández, Instituto de Electricidad y Electrónica. Facultad de Ciencias de la Ingeniería. Universidad Austral de Chile, jmardones@uach.cl

RESUMEN

Las carreras de Ingeniería en las Universidades chilenas se han visto fuertemente afectadas en el proceso enseñanza-aprendizaje, por el estallido social primero y la pandemia después. Para paliar los negativos efectos que ambos eventos causan en el proceso, se han desplegado esfuerzos y recursos para entregar los contenidos, así como el desarrollo de experiencias prácticas, en modo virtual y remoto. Para ejecutar estas últimas se ha recurrido a software simulador que le permita al estudiantado apreciar el comportamiento de circuitos eléctricos.

La carrera de Ingeniería Civil Electrónica de la Universidad Austral de Chile se estructura en tres ciclos: bachillerato, licenciatura y profesional. En el ciclo de bachillerato, el estudiante debe seguir cuatro asignaturas de taller, en el que se realizan las actividades prácticas que permiten comprobar lo recibido en las demás asignaturas del semestre correspondiente. Taller III Ingeniería Electrónica: Eficiencia energética es la primera instancia en que las y los estudiantes reciben conceptos de electricidad, donde se revisan las leyes y teoremas fundamentales de la electricidad, mediante desafíos que se le plantean, así como en el desarrollo de un proyecto transversal.

La ejecución de prácticas sólo con simuladores no da al estudiantado una experiencia significativa en la comprobación de las leyes y teoremas, por lo que se diseñó y ejecutó un proceso donde cada estudiante tuvo la oportunidad de ejecutar las acciones sobre objetos concretos. Para ello se preparó un kit práctico que se envió a cada uno, que junto a guías y cápsulas de video que describen la metodología, puedan completar la ejecución de los desafíos.

PALABRAS CLAVES: Proceso enseñanza-aprendizaje, enseñanza virtual e híbrida, pandemia, aprendizaje significativo, educación virtual.

INTRODUCCIÓN

La enseñanza a distancia utilizando todo tipo de tecnologías de virtualización ha estado presente desde hace mucho tiempo, pero con la irrupción de las TIC ha ido aumentando su aplicación. La ocurrencia de la pandemia debido a la COVID-19, agudizó la necesidad de realizar una enorme variedad de trabajos en modo virtual o a distancia; entre ellos está por supuesto, la educación. Los procesos enseñanza-aprendizaje son considerados como muy sensibles a recibir este modo de ejecución, donde contenidos teóricos y prácticos pueden realizarse fácilmente sin un despliegue mayor de recursos especiales: sólo basta un par de terminales de acceso a la red internet, una suscripción o licencia de una plataforma de trabajo virtual y algunos paquetes de software que permitan desarrollar los contenidos y experiencias.

Pero hay especialidades que necesitan, para generar conocimiento en sus disciplinas, realizar experiencias prácticas; ingeniería eléctrica y electrónica es una de ellas. Las leyes, teoremas y modelos que sustentan el conocimiento en esta importante disciplina deben ser probados, existiendo desde hace mucho los mecanismos y procedimientos para hacerlo.



La pandemia obligó a comenzar a realizar las actividades de enseñanza-aprendizaje de modo virtual, muchas veces sin contar con los recursos necesarios para hacerlo de forma medianamente correcta.

Así, en los siguientes apartados de este documento, se da cuenta de las acciones ejecutadas para que estudiantes de la carrera de ingeniería Civil Electrónica que tienen su primer contacto con la especialidad, tengan una mayor posibilidad de apropiarse del conocimiento de las leyes básicas de la ingeniería eléctrica como son la Ley de Ohm, las leyes de Kirchoff, los teoremas de Thevenin y Norton, divisor de tensión y el principio de superposición, todos en alimentación continua.

Así entonces, en la sección Antecedentes, se da cuenta de cuáles son los contenidos a abordar en el proceso; en la sección Análisis del estado del arte, se dan a conocer diversas experiencias en otras realidades respecto a la ejecución virtual de experiencias prácticas; luego, en la sección Estrategia de aplicación, se informa del cómo se diseña la estrategia a aplicar, mientras que en la sección Ejecución del proceso se informa la metodología de aplicación y evaluación de los resultados obtenidos, para finalmente en las Conclusiones entregar un visión final del proceso.

ANTECEDENTES

La carrera de ingeniería Civil Electrónica que dicta la Universidad Austral de Chile se desarrolla en tres ciclos: Bachillerato con una duración de cuatro semestres lectivos, Licenciatura con otros cuatro semestres lectivos y el ciclo Profesional con tres semestres.

Los estudiantes durante el ciclo de Bachillerato, son sometidos a un proceso enseñanza-aprendizaje de cuatro semestres principalmente en ciencias básicas, ciencias básicas de la ingeniería y de formación general. Asociado a cada semestre se realiza un taller de ingeniería aplicada, donde se les plantean desafíos de ingeniería que deben ser capaces de resolver con las herramientas aprendidas hasta el semestre que corresponde.

En la Fig. 1 se muestra el plan de estudios del bachillerato de Ingeniería Civil Electrónica, donde es posible ver la presencia de cuatro talleres, uno por semestre.

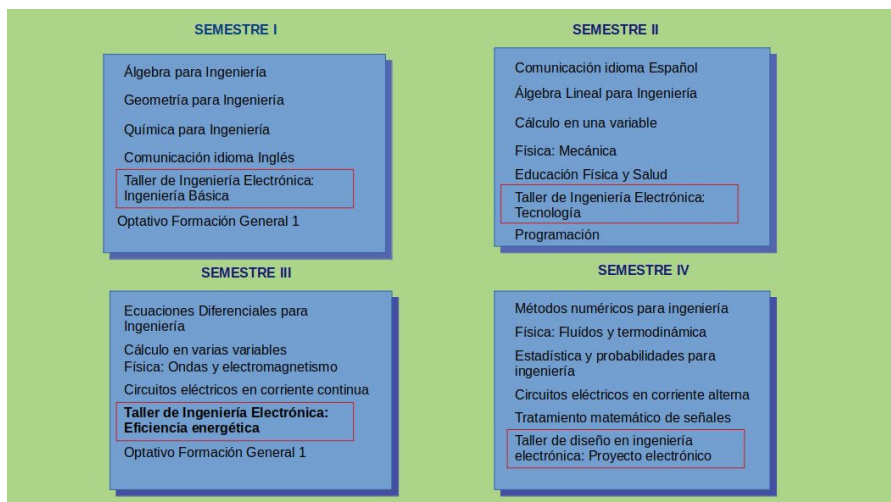


Figura N° 1. Plan de Estudios Bachillerato en Cs. De la Ingeniería UACH.



Cada uno de estos talleres desarrolla temáticas tales que los estudiantes deben aplicar los conceptos y prácticas que siguen en las demás asignaturas de ese mismo semestre, para resolver los desafíos que los profesores les plantean.

Desde el segundo semestre del año 2019 a la fecha, las actividades lectivas se han desarrollado en modo virtual, debido primeramente a la irregularidad con que se ejecutaban las actividades docentes por el estallido social de octubre de 2019 y luego, a partir del primer semestre de 2020 debido a las restricciones impuestas por la pandemia.

Considerando las anteriores restricciones y, que además las asignaturas de Taller son totalmente prácticas, ha sido particularmente difícil realizar las actividades en cada uno de ellos. Así, se ha ejercitado desde el primer semestre de 2020 el proponer desafíos no tan complejos como cuando las actividades son presenciales y utilizando materiales y dispositivos reciclados o reusados, más elementos e instrumentos de muy bajo costo, los que son enviados a los y las estudiantes, quienes diseñan y construyen las soluciones a cada desafío estando en sus lugares habituales de trabajo, en este caso, sus hogares.

ESTRATEGIA DE APLICACIÓN.

Considerando el contexto descrito en el apartado anterior, se formuló como objetivo el desarrollar en forma práctica por cada estudiante, lo planteado en tres desafíos, que corresponden al trabajo práctico de la asignatura de Circuitos eléctricos en corriente continua.

Se dará cuenta de lo realizado en la asignatura ELEB 080 Taller III Ingeniería Electrónica: Eficiencia energética, que se dicta en el tercer semestre del plan de estudios de Bachillerato.

Las características de esta asignatura quedan definidas por los siguientes datos:

- NOMBRE ASIGNATURA: Taller III Ingeniería Electrónica: Eficiencia Energética
- CÓDIGO: ELEB 080-16
- REQUISITOS: Álgebra II, Cálculo II y Taller II Ingeniería Electrónica: Tecnología
- CRÉDITOS SCT-CHILE: 5
- HORAS CRONOLÓGICAS SEMESTRE:
 - HORAS TEORICAS PRESENCIALES : 0
 - HORAS PRACTICAS PRESENCIALES : 51 HPP
 - HORAS TRABAJO AUTÓNOMO: 76 HTA.

Las unidades de aprendizaje que la componen son:

UNIDAD I. Instrumentación.

En esta unidad se revisan los aspectos fundamentales de la medición de variables eléctricas y los instrumentos correspondientes, así como los procedimientos para conseguirlos.

UNIDAD II. Leyes fundamentales de la electricidad.

En esta unidad se comprueban las leyes de Ohm, tensiones y corrientes de Kirchoff.



UNIDAD III. Métodos de Análisis, Teoremas de Redes.

En esta unidad se comprueban los métodos de reducción de circuitos resistivos, teoremas de Thevenin, Norton, divisor de tensión, superposición y fenómenos transitorios en elementos pasivos con alimentación en corriente continua.

UNIDAD IV. Proyecto: Diseño y Construcción de un prototipo de generación de Energía Eléctrica de Fuentes Renovables.

En esta unidad, que es transversal a las unidades II y III, los estudiantes en equipos de trabajo, deben desarrollar un sistema que genere energía eléctrica a partir de energías primarias renovables, el cual debe ser demostrado que funciona en una aplicación práctica e innovadora.

En épocas de actividad normal, en cada una de las unidades se desarrollaban actividades prácticas, utilizando los recursos disponibles para la ejecución de tales actividades que incluían el o la docente, alumnos ayudantes, pañolero, pañol de instrumentos, herramientas, dispositivos y materiales, así como el espacio físico adecuado con mobiliario ad-hoc.

Las actividades prácticas que realizaban se detallan a continuación:

Para la Unidad I.

- Conocimiento del reglamento de pañol y de la solicitud de equipamiento y materiales.
- Visita a pañol.
- Solicitud de multitester, fuente de poder y resistencias.
- Mediciones de variables eléctricas en circuitos resistivos simples.

Para la Unidad II

- Desafío #1, consistente en “descubrir” la ley de Ohm a partir de mediciones que se hacen en un circuito resistivo serie-paralelo. Los datos obtenidos se tabulan y luego se grafican; así, los y las estudiantes deben identificar el modelo representado por el lugar geométrico obtenido en el gráfico y que representa la relación entre las variables y la constante, que en este caso es la resistencia equivalente del circuito, comprobando así lo que revisaron en forma teórica en la asignatura ELEB 075 Circuitos eléctricos en corriente continua.
- Desafío #2, que consiste en “descubrir” las leyes de tensiones y de corrientes de Kirchoff, construyendo para ellos circuitos resistivos series y paralelo. En ambos casos deben realizar mediciones de tensión en las resistencias en serie y de corrientes en nodos que tenga más de tres ramas, para el caso de circuitos paralelos. Luego tabulan sus mediciones y comprueban la teoría vista en la asignatura de Circuitos en corriente continua.

Para la Unidad III

- Desafío #3, en el que deben probarse los teoremas de Thevenin, Norton, divisor de tensiones y de Superposición, utilizando circuitos resistivos en corriente continua. Al igual que en los desafíos descritos en la Unidad II, deben probar los teoremas, midiendo tensiones, corrientes y resistencias en un circuito serie-paralelo. Para el caso de Superposición, deben utilizar dos fuentes de tensión continua.
- Desafío #4, que consiste en comprobar el comportamiento transitorio en circuitos R-L-C sometidos a una excitación continua.



Para la Unidad IV, los y las estudiantes, que deberían estar cursando en paralelo la asignatura BAIN 085 Física: Ondas y electromagnetismo, están conociendo los fundamentos físicos de la electricidad y del electromagnetismo y ya conocen las leyes y teoremas fundamentales de la electricidad. Con esto, deben desarrollar un proyecto que produzca una aplicación de la electricidad generada a partir de energías primarias renovables, tales como, fotovoltaica, eólica, biomasa o hidráulica. Este proyecto, realizado por equipos de estudiantes, debe ser presentado al final del semestre, informado y evidenciado mediante un video.

Ante la imposibilidad de continuar realizando estas actividades en forma normal, hubo que decidir la mejor forma en la que los y las estudiantes puedan ejecutar en sus hogares o lugares de estadía durante la pandemia algunas de las actividades prácticas que componen los desafíos descritos y el proyecto transversal.

ANÁLISIS DEL ESTADO DEL ARTE

La mayoría de la documentación encontrada para este análisis da cuenta de experiencias con laboratorios virtuales, como lo señala Farina, J., et al. (2018), que utilizando una plataforma Virtual Instruments Systems In Reality (VISIR), que ofrece dispositivos, software y documentación para ejecutar diversas experiencias. (para información de VISIR, refiérase a http://online-engineering.org/VISIR-Federation_about.php y/o http://www.ieec.uned.es/Labs_remotos.htm Laboratorio VISIR). Otra modalidad, son circuitos desarrollados en la propia Universidad y que permiten un acceso remoto para ejecutar experiencias, como da cuenta Samuelsen, D., & Graven, O (2016). Asimismo, la simulación es otra herramienta muy presente en los informes de experiencias en el uso de laboratorios virtuales. Así, es necesario muchas veces pagar costosas licencias para utilizar algunos programas de simulación tales como los producidos por National Instruments (Multisim, NI ELVIS, LabVIEW), por ejemplo. (Vargas, B. (2019)). Eso sí, afortunadamente existen versiones de software free o licencias creative commons que permiten distribuir una copia de los software a todos los estudiantes (por ejemplo, AWR). Otras versiones en línea como EasyEDA, CircuitSims, DcAcLab, 123Circuits, Fritzing, entre otros.

También es posible encontrar desarrollos propios o adaptados como el señalado por Aramburo, C. (2019), que utilizando recursos existentes, más plataformas de software especialmente construidas por dos universidades, una en España y otra en Brasil, más el apoyo de una empresa privada, generan un espacio de trabajo virtual para la enseñanza de la electrónica digital.

Existe dos organizaciones mundiales dedicadas a la virtualización de la enseñanza de la ingeniería: International Association of Online Engineering (IAOE) y la Global Online Laboratory Consortium (GOLC), que juntaron esfuerzos para aplicar tecnologías avanzadas a objeto de que sin importar el lugar donde se esté enseñando determinado tema relacionado con la ingeniería, exista una red de laboratorios de acceso remoto en el que puedan desarrollarse las prácticas. Ambas poseen sitios web con un rico despliegue de recursos de información para apoyar desarrollos domésticos de laboratorios virtuales. Sus sitios web son:

IAOE http://online-engineering.org/IAOE_about.php

GOLC http://online-engineering.org/GOLC_about.php

Si es necesario destacar el hecho de que en todos los recursos revisados, no fue posible encontrar experiencias similares a las que se informan en este artículo, siendo la diferencia fundamental en que los recursos físicos con los que se trabajan la experiencias están



concentrados en un solo lugar, mientras que lo que describiremos aquí, están distribuidos de tal forma que cada estudiante disponga de un set de equipamiento para realizar sus experiencias.

EJECUCIÓN DEL PROCESO

El kit que se utilizó para la realización de las prácticas, se describe a continuación:

- Una fuente de tensión continua con suministros de 5V y 3,3 V, alimentada desde la red pública de 220 V con un transformador.
- Un multítester simple capaz de medir tensión, corriente, resistencia, continuidad, entre otras variables.
- Un protoboard de dos secciones.
- Resistencias de diversos valores.
- Jumper para protoboard de distintos largos y colores.

En la Fig 2, se muestran estos elementos enviados a los y las estudiantes que no residen en Valdivia, por los correos que ofrecen transporte en el mercado nacional, mientras que a los y las que residen en Valdivia se entregaron personalmente.



Figura 2. Kit de práctica para el Taller III Ingeniería Electrónica.

En la Tabla 1 se muestran los costos de cada uno de los componentes del kit enviado a los estudiantes.



Tabla 1. Detalle de precios de componentes del kit práctico.

Descripción del componente	Precio [CL\$]
Multitester	5.200
Protoboard	5.090
Fuente de 5/3,3 V	3.070
Transformador 220V _{ac} /5 V _{dc}	6.150
Resistencias diversos valores	250
Cables jumper para protoboard	950
Envío (Valor promedio)	3.000
VALOR TOTAL DEL KIT	23.710

El valor total del kit, valorizado en dólares estadounidenses, asciende a la suma de US\$ 32,25.- El valor en CL\$ del kit corresponde aproximadamente a un 13,5 % del valor de la matrícula semestral del estudiante.

Luego, junto con el envío de estos materiales, se generaron guías que definen el procedimiento que regulará la ejecución de los prácticos. Estas se suben junto a una cápsula de video, a la plataforma SIVEDUCMD que la Universidad mantiene para la comunicación entre docentes y estudiantes, donde se muestra como se realiza completamente la experiencia por parte de la docente facilitadora, para que los estudiantes lleguen a la sesión virtual con los procedimientos ya conocidos. Luego, se exige que el día de la experiencia, cada estudiante tenga preparados los cálculos necesarios, las tablas de registro y los resultados obtenidos en el proceso de simulación.

Posteriormente se establece, en una sesión de trabajo virtual, la atención de dudas y consultas durante la ejecución del proceso, teniendo cada estudiante su oportunidad de mostrar su trabajo y hacer las consultas pertinentes. Durante la ejecución del práctico, cada estudiante va registrando los resultados en la tabla previamente preparada y que servirá como insumo para la preparación del informe correspondiente.

En la Fig. 3 se puede apreciar un circuito para comprobar la ley de Tensiones de Kirchoff.

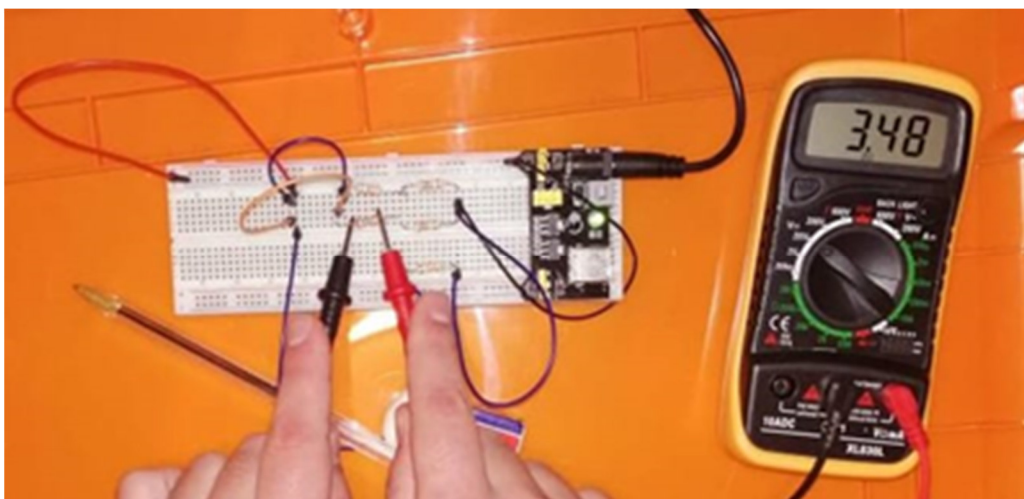


Figura. Circuito para comprobar ley de Tensiones de Kirchoff.



Lo anterior es válido para los desafíos 1, 2 y 3 descritos precedentemente en este mismo documento. El desafío #4 sólo se realizó por simulación, ya que al necesitar un osciloscopio para visualizar las formas de onda de los transientes, no era posible proveerles uno a cada estudiante.

Para el desarrollo del proyecto de la Unidad IV, cada equipo de estudiantes debe presentar su idea y ser sometida a escrutinio por parte de los demás compañeros y compañeras, como de la docente facilitadora. Una vez aceptada la propuesta, cada grupo debe definir la estrategia de ejecución del proyecto, presentando su planificación y los requerimientos de materiales e insumos que necesitará, así como los obtendrán, dándole especial importancia al hecho de trabajar con materiales reciclados y de desecho. Dentro de sus insumos a utilizar se encuentra el kit de práctica que les fue entregado.

Con el fin de presentar evidencia de los logros alcanzados por los y las estudiantes, se indican a continuación tres links a videos correspondientes a las mejores evaluaciones finales del proyecto.

<https://youtu.be/PXXBnTmHKs>

<https://youtu.be/mChLQwNnw3w>

[https://youtu.be/Mzk -B6xyoM](https://youtu.be/Mzk-B6xyoM)

CONCLUSIONES

Se comprueba la efectividad de que los y las estudiantes puedan realizar los prácticos que permiten responder con éxito a los tres desafíos planteados.

Se responde al requerimiento de otras asignaturas de evaluar la aplicación práctica de los contenidos teóricos revisados.

Se evidencia que los y las estudiantes pueden trabajar en equipos aunque estén separados físicamente, utilizando todas las herramientas de virtualidad de las que se dispone para la realización de la asignatura en régimen no presencial.

Se comprueba que los y las estudiantes cuando disponen de medios, aunque sean éstos modestos, son capaces de generar productos evaluables que evidencien la adquisición del nivel de desempeño correspondiente en las competencias a adquirir en el tercer semestre del bachillerato.

Se verifica que al tener distribuidos uniformemente los recursos de práctica, el trabajo en equipo es mucho más efectivo, ya que se evidencia en reiteradas ocasiones que cuando se trabaja presencialmente en el laboratorio, siempre hay un líder de grupo que asume la tarea de armar los circuitos y efectuar las mediciones y otros integrantes no lo realizan, ya sea porque no alcanzan o porque es más cómodo que lo realice otro. En este modo, en cambio, todos y todas tienen la oportunidad de ejecutar las tareas, lo que evidentemente mejora el aprendizaje.

Otra ventaja que se aprecia en la modalidad aquí descrita, es que en realidad el gasto en materiales no es tal, sino que es una inversión, pues una vez finalizado el semestre, se recupera el equipamiento distribuido, el cual se reutiliza en semestres siguientes o bien, estos mismos



estudiantes pueden llevarlos a sus hogares para realizar otros proyectos de otras asignaturas o simplemente para ejercicio, así como se piden los libros en biblioteca.

Es necesario recalcar que de todas maneras, el desarrollo de habilidades y la adquisición de destrezas son deficitarios bajo el régimen restrictivo en el que se realizaron estas actividades; es mucha la información que se pierde comparado con lo que ocurre en un régimen de presencialidad.

AGRADECIMIENTOS

Damos nuestros más sinceros agradecimientos a la Escuela de Ingeniería Civil Electrónica y al Instituto de Electricidad y Electrónica, ambos de la Facultad de Ciencias de la Ingeniería de la Universidad Austral de Chile, por el apoyo financiero y logístico que permitió alcanzar los objetivos propuestos.

REFERENCIAS

Farina, J., et al. (2018). LABORATORIO REMOTO Y SIMULACIONES-INGENIERÍA ELÉCTRICA. IV Congreso Argentino de Ingeniería – X Congreso Argentino de Enseñanza de la Ingeniería, 19 al 21 de septiembre de 2018 – Córdoba, Argentina.

Samuelsen, D., & Graven, O. (2016). Remote Laboratories in Engineering Education — an Overview of Implementation and Feasibility. *14th LACCEI International Multi-Conference for Engineering, Education, and Technology: "Engineering Innovations for Global Sustainability"*, 20-22 July 2016, San José, Costa Rica..

Vargas, B. (2019). LABORATORIOS REMOTOS: EL FUTURO DE LA EDUCACIÓN A DISTANCIA EN INGENIERÍA. *2° Congreso Latinoamericano de Ingeniería. 10 – 13 septiembre 2019*. Cartagena de Indias. Colombia

Camelo-Quintero, E. F. (2019). Implementación de prácticas de laboratorio en la educación virtual de los programas de ingeniería electrónica y telecomunicaciones. *Revista Virtu@lmente*, 7(1), 29-44. DOI: <https://doi.org/10.21158/2357514x.v7.n1.2019.2319>

Aramburu, C. <https://www.unavarra.es/en/sites/actualidad/contents/noticias/2020/03/20-03-30/la-experiencia-del-laboratorio-r.html>