

Integración de la carrera de Ingeniería Electrónica a partir de tecnologías asociadas al Hidrógeno

Ignacio Zaradnik
*Departamento de Ingeniería e
Investigaciones Tecnológicas (DIIT)*
Universidad Nacional de la Matanza
(UNLaM)
Buenos Aires, Argentina
izaradnik@unlam.edu.ar

Leandro Jaimes Soria
*Departamento de Ingeniería e
Investigaciones Tecnológicas (DIIT)*
Universidad Nacional de la Matanza
(UNLaM)
Buenos Aires, Argentina
ljaimessoria@unlam.edu.ar

Diego Brengi
*Departamento de Ingeniería e
Investigaciones Tecnológicas (DIIT)*
Universidad Nacional de la Matanza
(UNLaM)
Buenos Aires, Argentina
brengi@unlam.edu.ar

Rodrigo Spano
*Departamento de Ingeniería e
Investigaciones Tecnológicas (DIIT)*
Universidad Nacional de la Matanza
(UNLaM)
Buenos Aires, Argentina
rospano@alumno.unlam.edu.ar

Abstract— En la Argentina, así como en otras partes del mundo, se está intentando cambiar la matriz energética desde una fuertemente basada en combustibles fósiles a una con mayor porcentaje de energías renovables. Tal desafío requiere de profesionales preparados en múltiples áreas, ingeniería electrónica entre ellas, para afrontar este desafío. Por otra parte, se está impulsando desde el Consejo Federal de Decanos de Ingeniería (CONFEDI) la implementación de estándares de educación orientados a la formación por competencias y el aprendizaje activo centrado en el estudiante. Sobre estas dos premisas es que se ha analizado la posible integración de conceptos asociados a la economía de hidrógeno dentro de la carrera de ingeniería electrónica. En el presente trabajo se detallan los resultados obtenidos y las propuestas generadas.

Keywords— Educación, energía, sustentable, hidrógeno, electrónica.

I. INTRODUCCIÓN

Gran parte de nuestras actividades diarias requieren energía, y esa energía en la mayoría de los casos contamina. En la actualidad, la energía proviene principalmente de combustibles fósiles -como el carbón, el gas natural y el petróleo, los cuales producen un impacto negativo en el medio ambiente. A raíz de esto, la generación de energía sustentable se ha convertido en el foco de atención para contribuir a la reducción de emisiones de efecto invernadero, y a satisfacer las necesidades energéticas actuales, teniendo en cuenta las necesidades de generación futuras [1]. Es por ello que el gobierno argentino ha implementado políticas como la “Ley de Promoción de la Movilidad Sustentable” sancionada en 2019, que tiene el objetivo de establecer un marco legal y económico a nivel nacional para el desarrollo de estas tecnologías. [2]

La transición desde una economía con gran dependencia de los fósiles, a un sistema de energía renovable, debe hacer frente a las exigencias tecnológicas de almacenamiento de energía y a la incorporación de recursos energéticos fluctuantes (como la energía fotovoltaica y la eólica). Para ello, la economía del hidrógeno ha ganado importancia en la agenda internacional, la Comisión Europea declaró esta

tecnología de interés estratégico en septiembre de 2018 y en Argentina se está trabajando actualmente en la estrategia de hidrógeno nacional [3].

Para cumplir con la iniciativa de contar con energía cien por ciento renovable, se debe lograr un mayor desarrollo de las celdas de combustible. Y esto requerirá de profesionales que la puedan llevar adelante: ingenieros de materiales que mejoren los electrodos y electrolitos, ingenieros mecánicos que adapten las cañerías para las exigencias del transporte de hidrógeno, ingenieros electrónicos capaces de automatizar los procesos de generación de electricidad para aumentar su eficiencia, entre muchos otros.

Con esto en mente, a inicios del 2021, en la Universidad Nacional de la Matanza (UNLaM) se conformó un grupo interdisciplinario, de mecánicos y electrónicos, para estudiar la temática del Hidrógeno. Si bien el objetivo del grupo es el estudio de factibilidad para el desarrollo de un sistema mecánico y de control de flujo de gases para celdas de combustible, durante la etapa de investigación se percató que los sistemas de Hidrógeno involucran múltiples conocimientos electrónicos y de materias básicas, que se podría incorporar como tema integrador y transversal en la formación de ingenieros en Electrónica, desde los primeros años hasta las materias de especialización. Este trabajo es una primera experiencia realizada en la carrera de ingeniería en electrónica que busca a largo plazo armar estructura que pueda ser aplicado en el resto de las carreras del departamento de ingeniería.

Esto último, está en línea con la recomendación del CONFEDI sobre la implementación de estándares de educación orientados a la formación por competencias y el aprendizaje activo centrado en el estudiante [4], así como con la recomendación de la Agencia Internacional de Energía (IEA), que afirma que los países que se proyectan como futuros exportadores de Hidrógeno, deben centrarse en generar conocimientos prácticos, para aprovechar las oportunidades comerciales [5].

Entre todos los tipos de pilas de combustible, las celdas de combustible de óxido sólido (SOFC por sus siglas en inglés) se consideran una de las tecnologías más prometedoras para alcanzar la comercialización a gran escala [6]. Por lo tanto, a continuación, se analiza la posible incorporación de la temática de las celdas SOFC como propuesta de aplicación práctica integradora de la carrera de Ingeniería en Electrónica.

II. MÉTODO

Previo a la descripción de los métodos y materiales empleados para llevar adelante el análisis propuesto, realizaremos una breve descripción del funcionamiento de la celda de combustible y plantearemos como hipótesis las posibles cátedras y temas que lo involucrarían.

Las pilas de combustible pueden compararse con las baterías, en el sentido de que en ambos dispositivos tiene lugar una reacción electroquímica que produce energía. Sin embargo, mientras que la energía se almacena en el interior de las baterías (en los materiales que las componen), en la celda de combustible, la energía se almacena fuera del dispositivo (el combustible y el aire) y luego se hace fluir los componentes reactivos a través de la celda. En particular, las pilas de combustible de óxido sólido tienen la ventaja de ser dispositivos electroquímicos muy eficientes que, mientras se alimentan de oxígeno y combustibles (hidrógeno), generan electricidad y calor [7].

Las celdas tipo SOFC ofrecen gran cantidad de ejemplos didácticos que van desde el entendimiento de la importancia de esta tecnología para nuestra sociedad, pasando por los fenómenos físicos y químicos que lo producen, y concluyendo con el control del sistema, medición del rendimiento e integración de la electricidad en la red. Por lo tanto, sobre la base del plan de estudios actualmente vigente en Ingeniería Electrónica [8], los contenidos didácticos antes mencionados podrían implementarse en las siguientes asignaturas: Tecnología, Ingeniería y Sociedad; Química General; Física III; Análisis de Señales; y Sistemas de Señales.

A partir de la importancia del hidrógeno como tema a tratar en la carrera de electrónica, se inició un relevamiento por medio de una encuesta en el cuerpo docente para determinar el conocimiento actual de la temática. El propósito es determinar los pasos a seguir para introducir esta temática y lograr el interés de los involucrados en las SOFC. Además, se busca indagar en posibilidades de coordinación y sinergia académica del esfuerzo de los docentes, para incorporar esta temática.

La encuesta abarca doce preguntas, divididas en tres partes:

- Contextualización de la encuesta a través de los datos del docente y su conocimiento sobre los nuevos requerimientos del CONFEDI, que consisten en el reacondicionamiento de los planes de las diferentes carreras de Ingeniería para su orientación por competencias.
- Consultar el conocimiento actual sobre la economía de hidrógeno por parte del docente y la relevancia que se le da a la generación y uso de energías renovables en cada cátedra.

- Relevante la predisposición e interés por parte del docente de incorporar a su cátedra nuevos ejemplos relacionados al hidrógeno.

III. RESULTADOS

A continuación, se presentan los resultados obtenidos durante una encuesta realizada a docentes del Departamento de Ingeniería e Investigaciones Tecnológicas (DIIT). Se recibieron un total de 55 respuestas, donde el 60% pertenecen a docentes de la carrera de Ingeniería en Electrónica, un 7% a docentes de materias comunes a todas las carreras y el 33% restante a docentes de otras carreras, el gráfico N°1 presenta estos resultados.

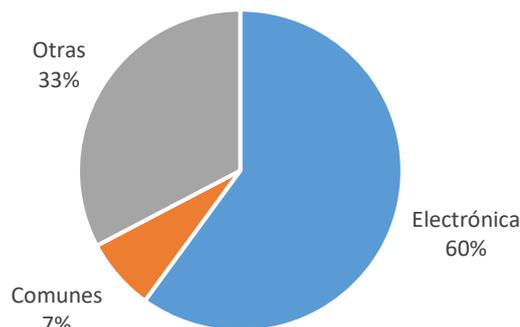


Gráfico N°1. Respuestas por carrera.

Según se puede ver en el gráfico N°2, más del 50% de las respuestas corresponden a los jefes de cátedra, mientras que el porcentaje se reduce en la respuesta de otros cargos.

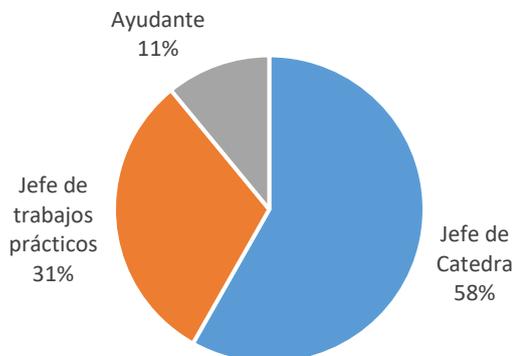


Gráfico N°2. Respuestas por cargo.

Por otro lado, en el gráfico N°3 se pueden observar los porcentajes de respuestas asociados al ciclo correspondiente de la materia. Perteneciendo al ciclo básico aquellas materias dictadas en los dos primeros años, al ciclo intermedio las materias del tercer y cuarto año, y al ciclo avanzado aquellas materias del último año y optativas.

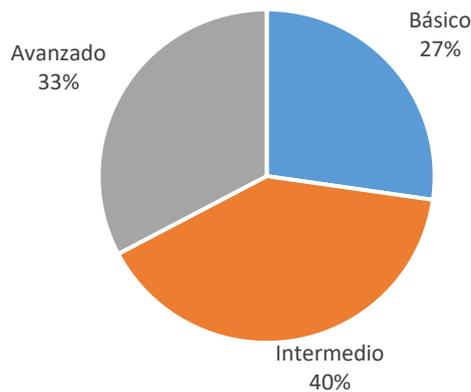


Gráfico N°3. Materias por ciclo.

En relación con el conocimiento sobre los nuevos requerimientos de CONFEDI de reacondicionamiento de los planes de carrera de Ingeniería para su orientación por competencias, uno de cada tres docentes afirmó no tener conocimiento de ello. Sin embargo, todos estuvieron de acuerdo que la presentación y la realización de cálculos y diseños asociados a casos concretos y reales es clave para un mejor entendimiento por parte de los alumnos de las temáticas presentadas.

Durante el relevamiento del uso actual de ejemplos asociados a energías renovables, se pudo apreciar que sólo un 20% de los docentes los introduce. Los ejemplos utilizados en la temática de energías renovables durante las materias básicas van desde ejemplos de empresas energéticamente sustentables, uso eficiente de energía y ejemplos de instalaciones fotovoltaicas y térmicas. En las materias intermedias se encuentran ejemplos de uso de inversores para paneles solares y reacciones químicas para electrólisis. Mientras que en las materias más avanzadas se utilizan ejemplos que requieren conocimientos previos de la carrera para realizar cálculos de dimensionamientos de instalaciones fotovoltaicas, térmicas, de biomasa para proponer métodos alternativos de alimentación para una estación de radio.

En cuanto al conocimiento sobre la economía de hidrógeno, solo la mitad de los encuestados expresan saber sobre el tema. Dos de cada tres encuestados respondió que, para poder incluir ejemplos en su cátedra, consideran que requiere capacitación en el Hidrógeno. Sin embargo, sólo la mitad de los que expresaron no tener conocimientos estarían interesados en una capacitación en la temática.

En referencia al material que los docentes necesitan para capacitarse se recibió una amplia cantidad de sugerencias. El mayor interés se registró en una presentación donde se explique la temática del hidrógeno de manera práctica y se pueda cuantificar los pro y contras de esta tecnología, así también como una explicación breve de los lineamientos de la investigación realizada por el equipo autor de este paper. El formato de la presentación podría ser un video explicativo, según las múltiples menciones que tuvo durante la encuesta. Algunos docentes respondieron que desconocen qué material les podría servir para orientar su cátedra con la temática del hidrógeno, este tipo de respuesta surgió en cátedras específicas como robótica o programación.

Además, en las materias de nivel intermedio los docentes sugirieron que sería de interés contar con ejemplos de

simulaciones de celdas de combustibles o electrolizadores para explicar a los alumnos el control de las variables, o los circuitos y sensores involucrados. Otros comentarios estuvieron relacionados con el uso de hojas de datos de equipos, ya que siendo un tema secundario de la cátedra y debido al desconocimiento de la temática, los docentes no pueden dedicar demasiado tiempo en su búsqueda.

Ante la consulta de si consideran que, bajo la temática general de energías renovables, y en particular sobre economía de hidrógeno, la materia a la cual pertenecen se puede vincular con materias previas y posteriores en el plan de estudios, el 58% respondió que sí, el 24% respondió que no y un 18% no emitió respuesta. El gráfico N°4 presenta los resultados mencionados. La respuesta a la consulta sobre qué otras cátedras podrían tener relación con el hidrógeno fue contundente, la mayoría mencionó Química, Termodinámica y materias básicas en general. Pero no se mencionaron materias de los niveles superiores o de su mismo nivel.

Finalmente, las respuestas asociadas a la consulta sobre otros comentarios estuvieron relacionadas con la generación de material informativo para introducirse a la temática.

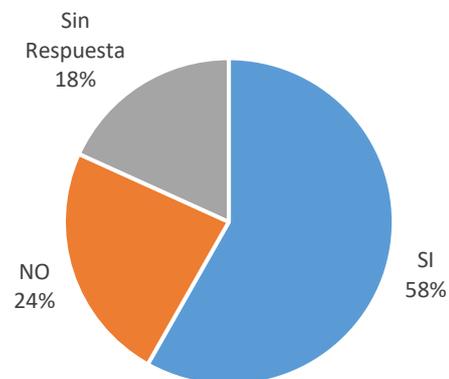


Gráfico N°4. Porcentajes sobre la consideración de relación entre materias bajo la temática del hidrógeno.

IV. DISCUSIÓN

Si bien la mayor parte de las respuestas fueron recibidas por docentes de la carrera de Ingeniería Electrónica, los resultados obtenidos muestran un interés por parte de docentes de otras carreras también, principalmente Ingeniería Mecánica e Ingeniería Industrial. La mayor participación de docentes de electrónica se puede deber a que las temáticas de energía suelen estar relacionadas a dispositivos electrónicos, manejo de potencia y la automatización de sistemas, temas habituales en esta carrera.

En lo que respecta al cargo de los docentes que han respondido, se puede ver que el mayor porcentaje corresponde a Jefes de Cátedra. Esto tiene cierta lógica ya que los mismos son los responsables de la organización de la materia y de proponer nuevos enfoques dentro los temas que deben desarrollar. Sin embargo, se esperaba una mayor participación de Jefes de Trabajos Prácticos y Ayudantes. Esto será un tema a tener en cuenta en las futuras acciones a tomar.

Aunque el número de materias del ciclo avanzado es menor al de otros ciclos, se registró un mayor número de respuestas al esperado con respecto al ciclo básico y medio. Un análisis más profundo nos indica que en dichas materias

hubo una mayor participación de toda la cátedra, es decir, respondieron el Jefe de Cátedra y el Jefe de Trabajos Prácticos.

Los porcentajes asociados al conocimiento de los requerimientos de CONFEDI de reacondicionamiento de los planes de carrera de Ingeniería, están en sintonía con los porcentajes de las respuestas por cargo. Lo cual está dentro de lo esperado.

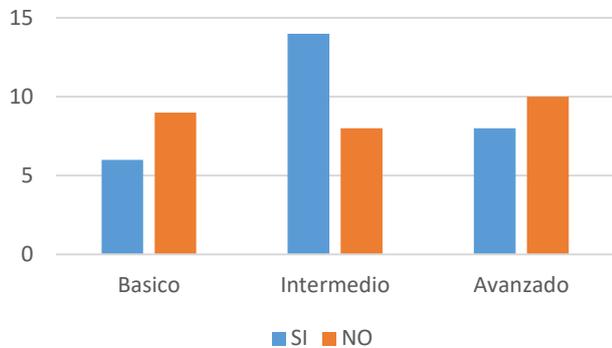


Gráfico N°5. Conocimiento sobre hidrógeno por ciclo.

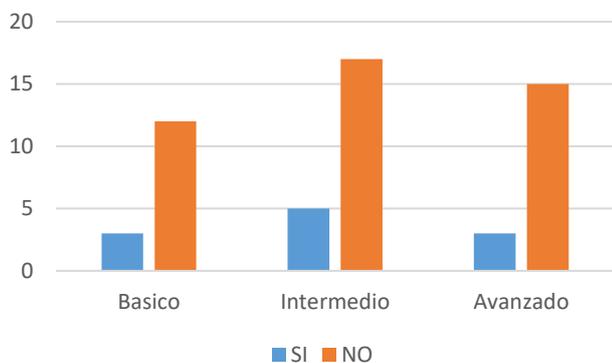


Gráfico N°6. Número de ejemplos por ciclo.

En los gráficos N°5 y N°6 se presentan los resultados en cuanto a la implementación de ejemplos asociados a energías renovables y en cuanto al conocimiento sobre la economía de hidrógeno respectivamente. En ambos gráficos, los valores están presentados en relación con el ciclo al cual pertenece la materia/docente que respondió. Se puede observar cierta relación entre los ejemplos implementados y el conocimiento sobre la economía de hidrógeno en los ciclos básico y avanzado. Sin embargo, en el ciclo intermedio se observó que gran cantidad de docentes afirman conocer el tema, pero contrario a lo esperado, la mayoría afirmó no utilizar ejemplo en las clases sobre Hidrógeno

Llama la atención que los docentes mencionaron muy pocas materias con las cuales se podrían relacionar el hidrógeno como tema conector. Ya que siendo un 72% los docentes que tienen conocimiento sobre la temática del hidrógeno se esperaba una amplia y rica variedad de sugerencias de conexiones entre cátedras. Se presume que dicha diferencia se puede deber a que, si bien conocen el tema, no lo hace con profundidad, lo que impide la relación con otras materias.

En cuanto a la necesidad de capacitación sobre la temática del hidrógeno, las respuestas negativas podrían estar asociadas a múltiples factores: consideración de que la temática no

puede ser incluida en la cátedra, el docente está al tanto del tema y la implementa él mismo, e inclusive presuntos errores en la interpretación de la pregunta. En el gráfico N°7 se presentan las cantidades de docentes que consideran necesaria una capacitación en la temática por ciclo.

Sobre el material requerido, tal como se mencionó en la sección anterior, las respuestas fueron amplias. Por lo que se considera comenzar con presentaciones básicas para ir nivelando los conocimientos del cuerpo docente.

Tal como se mencionó previamente, la economía del hidrógeno se asocia principalmente con materias del ciclo básico, relacionadas a los principios químicos y físicos. Pero no se tienen en cuenta materias del ciclo superior en donde la economía del hidrógeno se puede relacionar con sensores, dispositivos electrónicos para el manejo de potencia, algoritmos de control y sistemas automatizados, entre otros. Este punto es un tema importante para tratar durante las futuras capacitaciones del cuerpo docente en Hidrógeno.

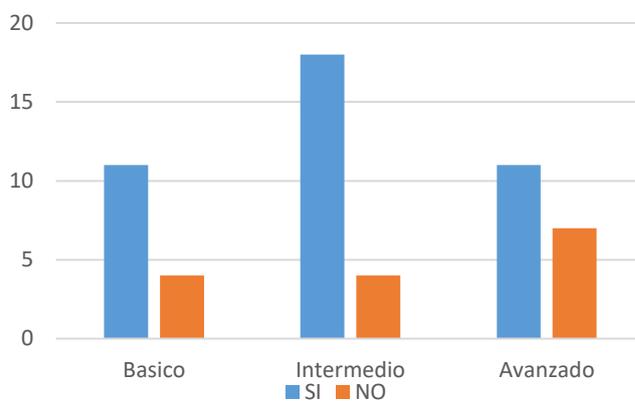


Gráfico N°7. Necesidad de capacitación por ciclo.

V. CONCLUSIONES

Se ha logrado realizar un análisis sobre la posible integración de los conceptos de la economía de hidrógeno en la carrera de Ingeniería en Electrónica. Si bien la encuesta realizada se distribuyó a todos los docentes de la carrera de ingeniería en electrónica, alrededor del 70% de las respuestas pertenecen a docentes de la carrera de Ingeniería Electrónica y en su defecto a materias comunes a todas las ingenierías. Este alto porcentaje, hace que los resultados reflejen satisfactoriamente el estado de la carrera ante la posible integración de los conceptos mencionados.

El alto nivel de participación de Jefes de Cátedra en la encuesta y los resultados de las encuestas, refleja el interés por la inclusión de la temática en sus materias y en la carrera. Sin embargo, será necesario la implementación de una capacitación niveladora, ya que sólo el 50% de los docentes manifestaron conocimiento sobre el tema. Esto se refleja en el bajo porcentaje de ejemplos implementados en la carrera asociados, en particular, a la economía del hidrógeno y, en general, a energías renovables. Por lo cual, se podría evaluar la inclusión de temas generales sobre energías renovables.

El 100% de los encuestados estuvieron de acuerdo en que la presentación y la realización de cálculos y diseños asociados a casos concretos y reales servirán para un mejor entendimiento por parte de los alumnos de las temáticas presentadas. Pero tan solo el 65% tiene conocimiento de los nuevos requerimientos del CONFEDI respecto a los

estándares de educación para Ingeniería, siendo ambos conceptos íntimamente relacionados. Por lo que se propondrá una capacitación general sobre la educación orientados a la formación por competencias y el aprendizaje activo centrado en el estudiante.

Los encuestados en general, se mostraron entusiasmados con la posibilidad de contar con ejemplos concretos de aplicación, lo que muchas veces es difícil de conseguir, y resaltaron la importancia de coordinar la formación de los profesionales en energías sustentable.

El plan de acción consistirá en presentar los resultados ante la Coordinación de la carrera con el fin de coordinar esfuerzos para la implementación de la propuesta de incluir el Hidrógeno en la carrera. Con base en estos resultados, el siguiente paso a realizar será la elaboración de una presentación general sobre energías renovables y economía de hidrógeno en donde los docentes puedan deslumbrar las distintas áreas en donde sus materias pueden tener injerencia. Luego, se formará un grupo de investigación para facilitar la búsqueda de contenido didácticos y hacer más fluida la incorporación de temática de energía renovable en la carrera. Se evaluará la posibilidad de reuniones periódica para trabajar temas que involucren mas de una asignatura y así fortalecer la sinergia académica.

REFERENCIAS

- [1] L. C. Hollaway, Sustainable energy production: Key material requirements. 2013.
- [2] Hcdn.gob.ar. “Proyecto de Ley de Promoción de la Movilidad Sustentable” 2019.
- [3] CES, 2021. Hacia una estrategia nacional de Hidrógeno 2030, Consejo Economico y Social, Buenos Aires.
- [4] CONFEDI, 2018. Propuesta de estándares de segunda generación para la acreditación de carreras de ingeniería en la República Argentina.
- [5] IEA, 2021, Hydrogen in Latin America, Internation Energy Agency
- [6] M. K. Mahapatra and P. Singh, *Future Energy (Second Edition) Improved, Sustainable and Clean Options for our Planet*. Elsevier Science, 2014.
- [7] Z. Gao, L. V. Mogni, E. C. Miller, J. G. Railsback, and S. A. Barnett, “A perspective on low-temperature solid oxide fuel cells,” *Energy Environ. Sci.*, vol. 9, no. 5, pp. 1602–1644, 2016, doi: 10.1039/c5ee03858h.
- [8] Departamento de Ingeniería e Investigaciones Tecnológicas (2009). “PLAN DE ESTUDIOS 2009 CORRESPONDIENTE A INGENIERÍA ELECTRÓNICA”. Extraida el 06/03/2022 de https://www.unlam.edu.ar/descargas/33_PlanIngenieraElectrnica2009.pdf
- [9] United Nations, 2021. The Health Effects Of Global Warming: Developing Countries Are The Most Vulnerable.