

LA ENSEÑANZA UNIVERSITARIA A 100 AÑOS DE LA REFORMA: LEGADOS, TRANSFORMACIONES Y COMPROMISOS. MEMORIAS DE LAS 2ª JORNADAS SOBRE LAS PRÁCTICAS DOCENTES EN LA UNIVERSIDAD PÚBLICA.

## Experiencia formativa de estudiantes en Prácticas de Automatización

- ❖ **AGOTEGARAY, JUAN CARLOS** | jagotega@ungs.edu.ar
- ❖ **PINZÓN MONTES, ANDREA** | apinzon@ungs.edu.ar
- ❖ **PRADO IRATCHET, SUSANA** | miratchet@ungs.edu.ar

**Universidad Nacional de General Sarmiento, Argentina.**

### RESUMEN

En este trabajo se describe la experiencia del diseño e implementación de un tablero modular para la enseñanza en automatización industrial. El tablero tiene un diseño versátil, enfocado en la seguridad de los equipos y principalmente de los usuarios. Se compone por módulos, estando identificado cada equipo y las interconexiones entre ellos. Se encuentra adaptado para su uso en niveles de pregrado y grado, con la posibilidad de extenderse a entrenamientos técnicos para la industria.

En la formación en ingeniería es común que las clases se enfoquen en lo teórico, lo cual es fundamental dado que son estos conceptos los que sostienen al futuro profesional y deben ser sólidos, pero que también genera una constante demanda de práctica por parte de los alumnos. Esta situación se presenta por dos razones principalmente: cantidad de contenidos mínimos de las materias, lo que acorta el tiempo que se puede destinar a la práctica, y limitaciones edilicias para realizar prácticas, bien sea porque no se cuenta con los espacios físicos o por los costos de los equipos e instrumental requeridos para las mismas.

En la Universidad Nacional de General Sarmiento (UNGS) se cuenta con un Laboratorio de Ingeniería muy bien equipado, lo cual plantea un escenario favorable para la implementación de prácticas.

En el área de automatización, con el espacio y los equipos disponibles, el desafío era diseñar la estructura que tendrían las prácticas para poder realizarlas optimizando el tiempo y los recursos, enfatizando en los objetivos de aprendizaje del área y acercándolas a la experiencia real.

En plantas industriales es habitual que se desarrollen tableros de prueba, para que el personal técnico se entrene y prepare previo a la intervención en máquinas y equipos dentro de los procesos reales. Teniendo en cuenta esto, se diseñó un tablero adoptando un estilo modular, con equipos y materiales robustos, brindando lo necesario para realizar prácticas de todos los temas abarcados en la materia. A partir de este diseño se construyeron 5 tableros. El montaje de los equipos se encuentra realizado en una estructura, en la cual se disponen todas las posibles conexiones, contando además cada tablero con una PC, necesaria para la programación de los controladores y de las interfaces con el usuario.

Los tableros se encuentran instalados en el laboratorio y actualmente han sido empleados por docentes en cursos de pregrado, grado y cursos de formación continua ofrecidos a docentes de escuelas técnicas de la zona de influencia de la Universidad.

A continuación se describe la experiencia formativa a partir de la implementación de nuevas prácticas de automatización.

**PALABRAS CLAVE:** formación, entrenamiento, automatización, ingeniería.

## **INTRODUCCIÓN**

La UNGS ofrece una carrera de Ingeniería Electromecánica con orientación en Automatización (IEA) y, a partir del año 2012, una Tecnicatura Superior en Automatización y Control (TSAC), además de contar con el área de investigación Automatización y aplicaciones mecatrónicas en áreas de la manufactura. En este marco, resulta indispensable ofrecer también la posibilidad de realizar prácticas empleando equipamiento e instrumental como el que se encuentra en el campo industrial, en cuanto a robustez, marca, modelos, especificaciones técnicas, etc.

Para la formación de los estudiantes es fundamental que los conceptos teóricos estén acompañados con prácticas de laboratorio que faciliten su incorporación y entendimiento, en

las cuales se haga énfasis en el manejo de equipos y dispositivos como contactores, controladores programables, variadores de frecuencia, entre otros, que conforman los sistemas automatizados. Los futuros profesionales y técnicos deben ser capaces de diseñar, mantener y operar estos sistemas.

El Instituto de Industria de la UNGS, cuenta con un Laboratorio de Ingeniería totalmente equipado para la realización de prácticas en el área, pero hasta hace unos años, no contaba con estaciones de trabajo preparadas para la enseñanza en automatización. Durante la cursada de la materia Control de máquinas, el equipo docente a cargo encaró la tarea de armar una estructura de enseñanza, conformada por distintos tableros, versátil, segura y completa.

Incorporando los tableros a las clases prácticas se lograba aportar a los alumnos las horas de entrenamiento requeridas para afianzar lo visto en la teoría y complementar así la materia, pero además de eso se lograba transmitir la importancia que tiene realizar un trabajo ordenado en cuestiones concretas, como por ejemplo que los alumnos tengan conciencia de que siempre va existir una menor probabilidad de accidentes y riesgos, además de pérdidas de datos, cuando se trabaja de esta forma. Al no existir los tableros, el tiempo de práctica giraba en torno a realizar muchas conexiones, las cuales por hacerse de forma apurada algunas veces eran erróneas y era necesario revisar una y otra vez para detectarlas y corregirlas. Esta situación además de hacer que por momentos los alumnos se desviasen de los conceptos, no permitía enfatizar durante la práctica en los conceptos teóricos y en aspectos que también hacen al aprendizaje como el trabajo responsable, lo cual es indispensable en este tipo de prácticas en las que se manipulan tensiones y corrientes eléctricas.

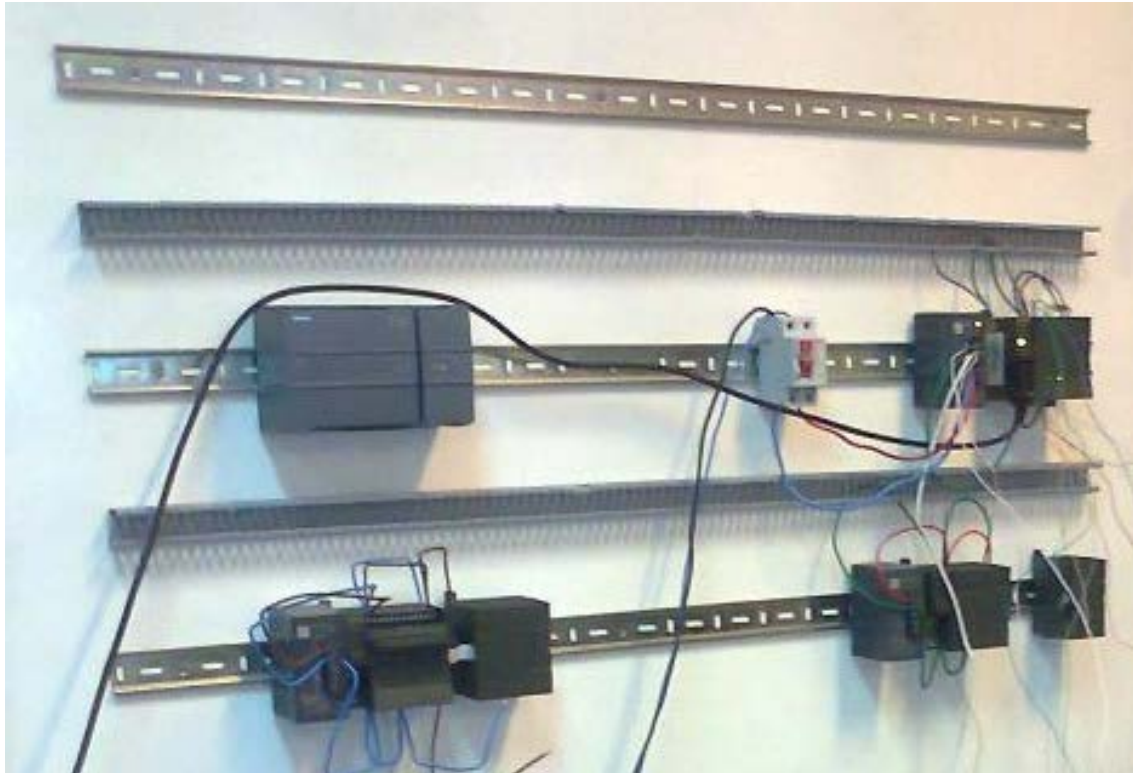
La dinámica de trabajo práctico que se genera empleando los tableros favorece la interacción y el intercambio de conceptos entre los integrantes de los grupos de trabajo, lo cual sin dudas aporta a la formación dado que, aquellos ingenieros que se comunican bien tienen más posibilidades de éxito profesional, que quienes no lo hacen, independientemente de su experiencia técnica (Robar, 1998). En este sentido, se puede ver a la universidad como un camino para que los individuos logren desarrollarse integralmente con el fin de que sus acciones contribuyan al mejoramiento de la sociedad (Davis, 1980). Y de esto se trata también la enseñanza, de formar técnicos y profesionales que procuren el bien común.

Los tableros favorecieron el desarrollo de prácticas en distintas materias de IEA y la TSAC como: automatización, control de máquinas eléctricas, instrumentación y control, instrumentación y comunicaciones, sistemas de supervisión, entre otras. En las que le siguen a “automatización” impactó mucho más todavía, dado que brinda la posibilidad de enfatizar en los instrumentos o herramientas propias de esas materias.

### **DESCRIPCIÓN DE LA EXPERIENCIA**

En el año 2011, el Laboratorio de Ingeniería de la UNGS tuvo una reorganización de su espacio distribuyendo las aulas internas en laboratorios específicos. Teniendo en cuenta la especialidad de la carrera de ingeniería, se definió uno de estos espacios específicamente como Laboratorio de Automatización, en el cual se montó todo el equipamiento industrial existente en tableros didácticos para el desarrollo de las prácticas de asignaturas específicas de automatización industrial y otras relacionadas.

En un principio, en las prácticas se trabajaba con grupos reducidos de tres o cuatro alumnos y las prácticas más comunes eran las de programación de los Controladores Lógicos Programables (PLC), las cuales eran muy rudimentarias y básicas, ya que solo se disponía del equipo montado sobre un riel din en la pared con las conexiones básicas para alimentación de energía y comunicación serie con una PC para la programación, como se muestra en la ilustración 1. Los objetivos de las prácticas se limitaban a la programación del PLC y comprobar su funcionamiento a través de la visualización del estado de los LEDs que disponen estos equipos para conocer su estado ON/OFF (encendido o apagado) para entradas y salidas digitales. En ocasiones, previamente se comprobaba el funcionamiento del programa con simuladores ejecutados en una PC y una vez, verificado el correcto funcionamiento, se realizaba la carga en un PLC.

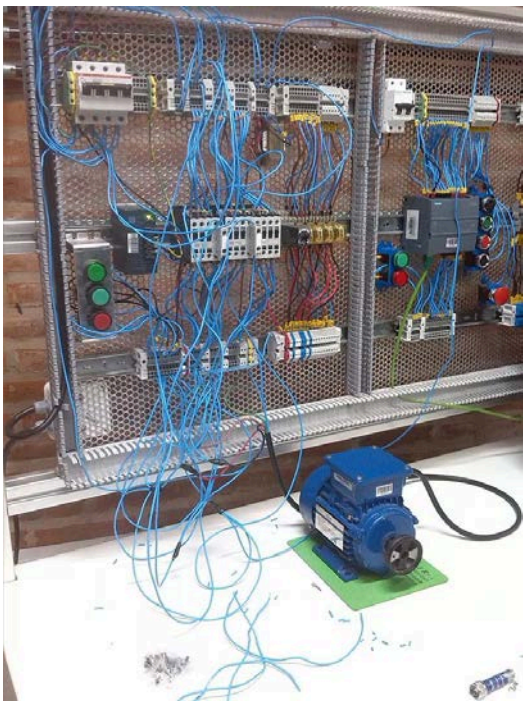


**Ilustración 1 Montajes básicos de equipos.**

En cursadas posteriores, la cantidad de alumnos ascendió a diez o más, lo cual condicionaba las prácticas al no disponer de suficientes equipos y docentes que pudieran asistir y supervisar esta cantidad. Comenzaba a notarse la necesidad de repensar las prácticas para dar respuesta a este constante aumento de alumnos, y garantizar la calidad de las mismas en cuanto a un menor riesgo tanto para los usuarios como para los equipos, y al aprendizaje al no poder darse casi personalizadas como venía siendo.

El Laboratorio de Ingeniería mediante financiamiento propio y externo como el PROMEI<sup>259</sup>, fue mejorando sus instalaciones. En el caso específico del Laboratorio de Automatización se realizó la compra de nuevos PLC de Siemens y perfiles de aluminio específico para comenzar el ensamble de bancos didácticos. Personal del laboratorio se encargó del montaje de las mesas con sus respectivos tableros y diseñó un circuito básico con contactores y relés conectados a borneras para realizar circuitos de control de manera libre. Sin embargo, como la propuesta no fue articulada con los docentes de las asignaturas, los tableros no fueron incorporados en las

prácticas. También, realizar un cableado previo entre los equipos implica pérdidas de tiempo y que por esta razón los alumnos trabajasen de forma apurada y desprolija. El resultado era un cableado como el que se muestra en la ilustración 2.



***Ilustración 2 Tablero cableado de forma inadecuada***

La realización de prácticas avanzadas con la utilización de equipos como variadores de velocidad con motores asíncronos e instrumentación industrial para el control de procesos, requería la construcción de tableros más especializados en los cuales se incluyera el montaje de estos equipos con su respectiva alimentación eléctrica y conexionado de comunicación.

### **DISEÑO DE TABLEROS ESPECIALIZADOS**

Cuando se realizan prácticas de laboratorio, la dificultad principal que se presenta al aumentar el número de alumnos es seguir manteniendo la supervisión por parte de los docentes, y dadas las características de los ensayos, mantener la seguridad de los alumnos y el resguardo del equipamiento. En automatización se trabaja con dispositivos de maniobra como relés,

contactores o variadores de velocidad, los cuales manejan tensiones de diferentes valores que deben ser tenidas en cuenta al momento de maniobrarlos. Por ejemplo, se dieron situaciones en las cuales se produjo la pérdida de equipos debido a mal conexionado de los mismos.

Otra situación que se repite frecuentemente es que hay alumnos que tienen contacto por primera vez con dispositivos industriales cuando llegan a las prácticas.

Esto da cuenta de la importancia que tenía realizar las prácticas de forma ordenada. La falencia de un método de trabajo adecuado genera que el cableado sea desordenado y le provoca complicaciones al docente cuando realiza la verificación por la maraña de cables, insumiéndole mucho tiempo en solo la revisión del circuito perdiéndose el objetivo pedagógico de la práctica (Cárdenas, Villacís y Zenón, 2015).

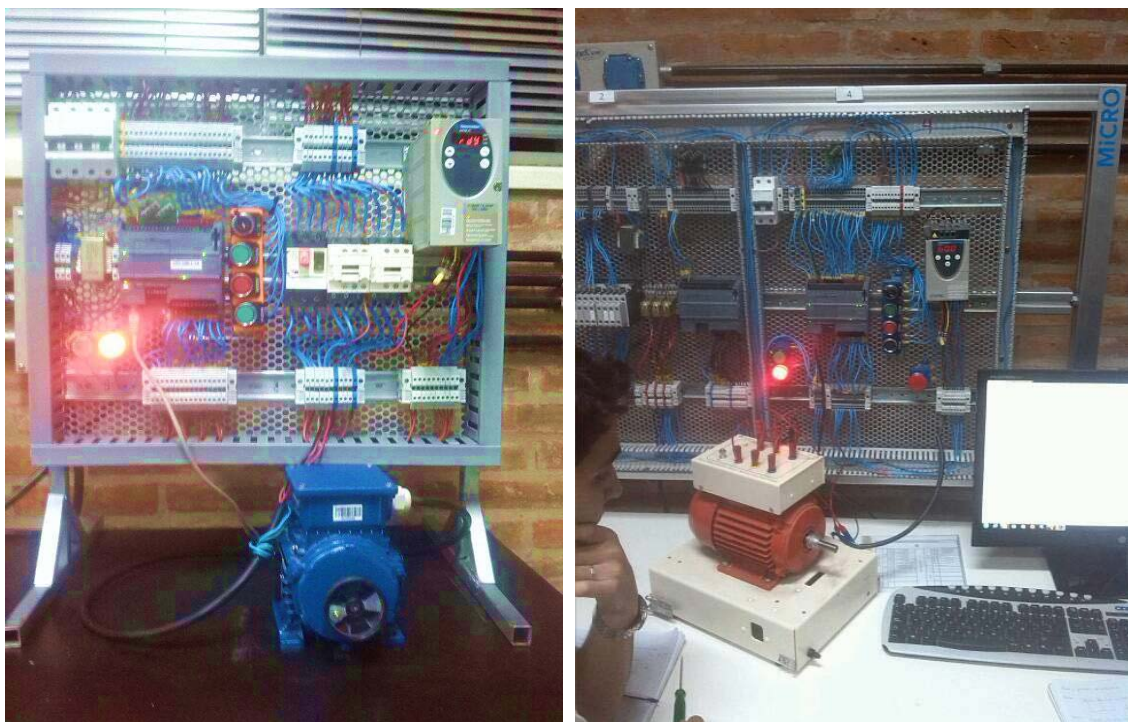
Partiendo de los tableros básicos del Laboratorio de Automatización, se hicieron las modificaciones para adecuarlos a las necesidades de las prácticas más especializadas. Se estableció que el uso principal de estos, sería la programación de PLC con la posibilidad de vincular las salidas y entradas del mismo con dispositivos de uso típico en campo, como contactores, sensores, variadores, entre otros. Para optimizar el tiempo, se realizó el cableado de todos los dispositivos en función de las prácticas que se deseaban realizar y se armó un diagrama de conexiones identificando los distintos elementos que se conectan al PLC.

## **DESCRIPCIÓN DE LOS TABLEROS**

Las funciones del tablero especializado se centralizaron en el PLC, es decir, todos los componentes están cableados al mismo para que realice el procesamiento de las señales, ya sean de entradas como pulsadores o sensores de detección, o salidas como luces o contactores, para la realización de prácticas básicas de programación en base al control de motores eléctricos. Para prácticas de instrumentación industrial en las que se utilizan las entradas analógicas se realizó la conexión de un potenciómetro con un divisor resistivo para limitar la tensión y simular la señal que entregaría un instrumento conectado a proceso. Para prácticas avanzadas, se montó un variador de velocidad para que funcione de forma individual o comunicado con el PLC. Aprovechando la capacidad del PLC, las borneras de entradas y salidas digitales se dejaron disponibles para la realización de prácticas complementarias.

El tablero se cableó con borneras para riel din para evitar usar frecuentemente las borneras de los equipos y dañarlas. La estructura del mismo se realizó a partir de un modelo de mesada ofrecida por una empresa de automatización, sobre el cual se montó una chapa perforada para permitir el libre montaje de todos los equipos mediante tornillos. Posteriormente, se fabricaron tableros compactos para poder transportarlos y evitar condicionar su uso a un solo espacio del Laboratorio de Ingeniería.

El diseño del tablero contempla la posibilidad de utilizar cualquier marca de PLC o Variador de velocidad y no se limita a un fabricante específico. La posibilidad de replicar los tableros con otros equipos es amplia y variable en función de lo que se disponga y queda limitado al costo y funciones que tengan los equipos elegidos. En la ilustración 3 se muestran los nuevos tableros en una práctica de control de motores asíncronos.



**Ilustración 3** Tableros especializados (práctica de control de motores)



## RESULTADOS

Los resultados que se describen a continuación corresponden a las prácticas realizadas durante cuatro semestres comprendidos entre 2016 y 2017, en asignaturas correspondientes a las carreras de IEA, Ingeniería Industrial (II) y TSAC. Los tableros permitieron realizar prácticas de para una cantidad de hasta 25 alumnos distribuidos en 5 tableros. En la tabla 1 se detallan las prácticas realizadas para cada materia y carrera. En las mismas, los docentes dieron una introducción básica al uso de los tableros, y posteriormente los alumnos realizaron distintas actividades aprovechando cada dispositivo presente en los tableros. Los alumnos en forma rápida se familiarizaron con los elementos base de la automatización y control de motores, desarrollando sus capacidades para atender a los puntos primordiales en una instalación industrial: uso de los equipos, revisión y detección de fallas y en forma didáctica revisión de los cableados. Se evitó la dispersión o desmotivación que se generaban por las pérdidas de tiempo mientras se encontraban los errores en las conexiones.

**Tabla 1 Prácticas implementadas con los tableros especializados**

Asignatura	Carrera	Prácticas sugeridas
Automatización Industrial	TSAC	Entradas y Salidas Digitales: contadores, temporizadores, comparadores. Entradas Analógicas. Conexión de detectores.
Automatización I	IEA	Entradas y Salidas Digitales: contadores, temporizadores, comparadores. Entradas Analógicas. Conexión de detectores.
Automatización II	IEA	Entradas y Salidas Analógicas. Conexión de instrumentos industriales: RTD, Sensor de Presión. Contadores Rápidos.
Control de Máquinas Eléctricas	TSAC	Control de Motores: Marcha-Parada. Inversión de giro. Arranque Estrella Triángulo. Control de Variador de Velocidad. PID con Variador.
Instrumentación y Comunicaciones Industriales	TSAC	Entradas y Salidas Analógicas. Conexión de instrumentos industriales: RTD, Sensor de Presión. Contadores Rápidos. PID
Instrumentación y Control Industrial	II	Entradas Analógicas: Conexión de instrumentos industriales y detectores.

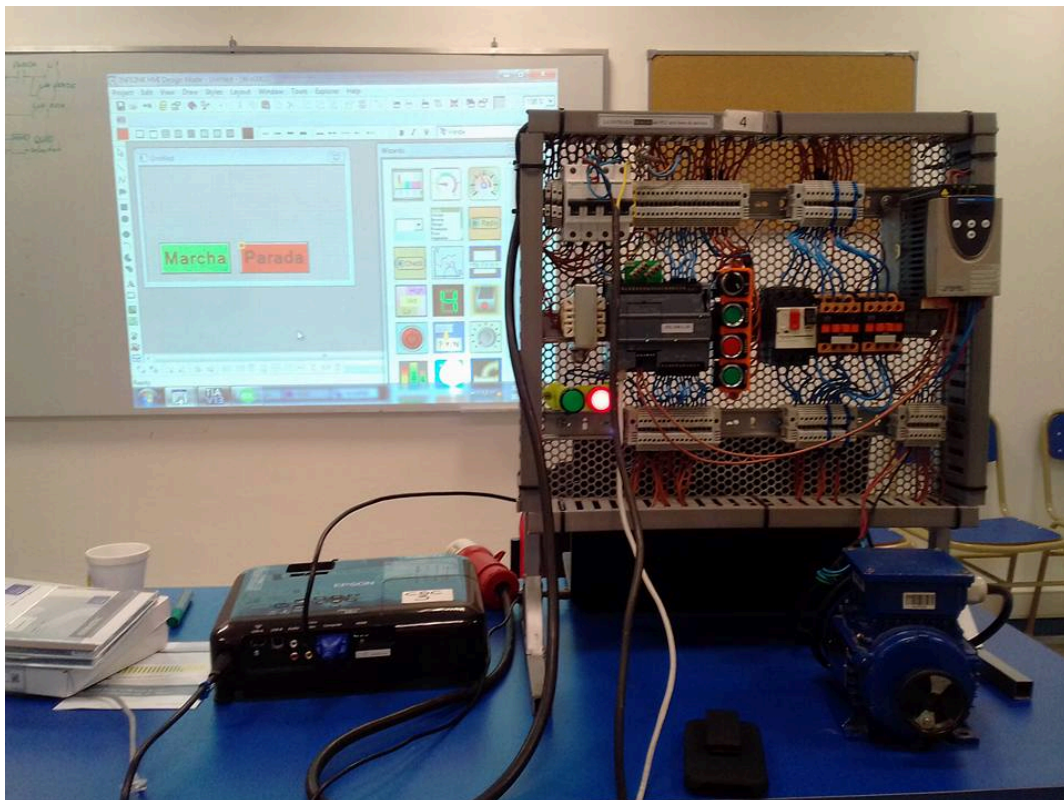
Sistemas de Supervisión	de	TSAC	Configuración de servidor OPC, para comunicar señales de PLC con SCADA
-------------------------	----	------	--

El concepto abierto y modular de los tableros permite el agregado o modificación de los componentes específicos en función de la necesidad de los usuarios. Seguramente con el uso, se encontrará la necesidad de expandir las funciones de los tableros para posibilitar prácticas más avanzadas que permitan la integración de los conocimientos de automatización industrial. La implementación de los tableros trajo consigo mejoras en el desarrollo de las prácticas, permitiendo prepararlas en un reducido tiempo para el mayor aprovechamiento de los tiempos durante la clase y una mejor supervisión por parte del docente. Para este tipo de disciplinas, es fundamental la formación del estudiante con los equipos con los cuales tendrá que trabajar cuando sea profesional y poder adquirir habilidades para la instalación, control y mantenimiento de los mismos, y ser en el aula donde surjan las dudas y los errores y su correspondiente solución para afrontar con la mejor preparación la industria. El trabajo con tableros cableados se asemeja a la realidad que se puede encontrar personal de una industria, donde la mayoría de las veces, son instalaciones existentes y se debe, a través de planos, interpretar y buscar las fallas en el sistema. Algunos docentes que se desempeñan en otras instituciones y en ámbitos industriales se mostraron interesados en replicar la metodología. Una ventaja de trabajar con ésta modalidad es su versatilidad dado que puede adecuarse a los requerimientos del docente mientras que los tableros comerciales tienen configuraciones definidas. Además, se genera otra predisposición de los alumnos frente a las prácticas, dado que desde el momento inicial se pueden concentrar en llevar los conceptos teóricos y en dar solución al problema propuesto en la práctica investigando, consultando los manuales de los equipos e intercambiando soluciones propuestas con sus compañeros y docentes. Esta metodología ordenada permite que los alumnos incorporen en su aprendizaje la importancia de no ser improvisados a la hora de encarar una tarea. Un estudiante socialmente responsable es un individuo capaz de comprometerse, escuchar y ponerse en el lugar del otro, es un ciudadano empático que se preocupa no sólo por su bienestar sino por el bienestar de todos los que lo rodean (Arango, Clavijo, Puerta y Sánchez, 2014). Los futuros ingenieros y técnicos deben ser capaces de trabajar de forma responsable y segura.

Por otro lado, cabe destacar que a partir de la implementación de los tableros los alumnos llegan con más entrenamiento y herramientas disponibles para elegir y desarrollar sus proyectos finales.

### EXPERIENCIAS EXTERNAS

Una experiencia para analizar y comprender el impacto del tablero didáctico y la metodología de trabajo, se dio en algunas materias de la única cohorte de la TSAC de UNGS dictada en el Centro de Gestión del Conocimiento (CGC) del municipio de Zárate, en el marco de un convenio entre la UNGS y el municipio. La falta de equipamiento y espacios para el desarrollo de prácticas formativas, hizo que sea fundamental disponer de los tableros didácticos móviles, que se trasladaron desde la UNGS hasta el CGC cada vez que fue necesario en distintas asignaturas. En la ilustración 4 se muestra una práctica de una instrumentación y supervisión.



*Ilustración 4 Práctica en el CGC de Zárate*

De esta forma se dio respuesta a la demanda de realizar prácticas en el CGC, sin necesidad de requerir de forma inmediata tableros comerciales, que si bien son de gran utilidad para la formación de los alumnos, una mala conexión o maniobra puede originar fallas en ellos cuya reparación es muy costosa porque generalmente son importados.

## CONCLUSIONES

La posibilidad de contar con un conjunto de equipamiento ya estandarizado, con los dispositivos ya cableados con los elementos más representativos de la realidad de lo que se va a encontrar en el mercado laboral, permite en poco tiempo familiarizar al estudiante con las circunstancias reales de diversas etapas del ejercicio profesional y de esta forma desenvolverse a un nivel de exigencia similar a la vida real.

Los tableros se han usado de modo intensivo con las prácticas propuestas anteriormente, logrando que a medida que los alumnos avancen en la carrera vayan integrando conocimientos de las distintas asignaturas. Por ejemplo, en automatización industrial, el alumno conoce la programación básica del PLC que le permite manejar entradas y salidas digitales, y las aplica sobre dispositivos como contactores, relés y pulsadores. En control de máquinas eléctricas, amplía su conocimiento y realiza los circuitos de control de motores: marcha parada, inversión de giro, arranque estrella triángulo, y cierra la asignatura programado un variador de velocidad que pueda ser controlado con un PLC. En Instrumentación y comunicaciones industriales, profundiza con sensores detectores e instrumentos industriales, los cuales aprende a conectar al PLC y realizar la programación para leer y utilizar la lectura de los mismos en una lógica de control. Por último, en Sistemas de supervisión, desarrolla Interfaces con el usuario (HMI/SCADA) para poder interactuar con el PLC y obtener toda la información del sistema montado en el tablero, a través de una computadora.

Experiencias como la relatada en el presente documento apuntan a trabajar sobre las tres dimensiones del conocimiento que reconoce la Fundación Carnegie para la formación de profesionales: el aprendizaje cognitivo, el aprendizaje práctico y el aprendizaje moral (Vega-González, 2013).

## BIBLIOGRAFÍA

Robar, T.Y. (1998). "Communication and Career Advancement". *Journal of Management in Engineering*, 26-28.

Davis, M. (1980). "A multidimensional approach to individual differences in empathy". *Catalog of Selected Documents in Psychology*, 10, pp. 85-100.

Cárdenas, J., Villacís Macías, R., Zenón, J. (2015). "Diseño e Implementación de Módulo Didáctico (Tablero Metálico) para prácticas de laboratorios de Controles Industriales con aplicaciones en arranque e inversiones de giro motores". Recuperado de <http://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/10406>

Arango, O., Clavijo, S., Puerta, I., Sánchez, J. (2014). "Formación académica, valores, empatía y comportamientos socialmente responsables en estudiantes universitarios". *Revista de la Educación Superior* Vol. XLIII (1); No.169. ISSN: 0185-2760. (p. 89-105)

Vega González, L. (2013). "La educación en ingeniería en el contexto global: propuesta para la formación de ingenieros en el primer cuarto del Siglo XXI". *Ingeniería Investigación y Tecnología*, volumen XIV (número 2), 177-190 ISSN 1405-7743

---

<sup>259</sup> Programa de Mejoramiento de la Enseñanza en Ingeniería de la Secretaría de Políticas Universitarias