

El desarrollo de un sistema adquisidor de bajo costo para datos experimentales como herramienta didáctica.

Diego Alustiza, Fabiana Prodanoff, Susana Juanto, Nahuel Cristofoli.

Grupo IEC, Facultad Regional La Plata, Universidad Tecnológica Nacional, Argentina

Resumen

Los estudiantes de Ciencias necesitan realizar experiencias de laboratorio para desarrollar las competencias demandadas por la sociedad, particularmente vincular el saber con el saber hacer. Sin embargo, en Latinoamérica, el alto costo del equipamiento, generalmente importado, impide que algunas Universidades cuenten con laboratorios bien equipados, y la situación es más crítica aún en los niveles pre-universitarios.

Nuestro Grupo Investigación en Enseñanza de las Ciencias (IEC) forma estudiantes y becarios de los primeros años de Ingeniería, y desarrolló un sistema de adquisición de datos basado en plaquetas Arduino.

La construcción del sistema permitió que los estudiantes involucrados trabajen colaborativamente en: temas básicos de electrónica; temas relacionados a sensores específicos; temas de diseño ergonómico e impresión en 3D; temas de programación; profundización en inglés técnico y temas de integración en prácticas de laboratorio.

El sistema producido funciona en forma eficiente como kit didáctico para laboratorios de Física y Química, la experiencia de aprendizaje resultó enormemente enriquecedora, tanto para los estudiantes que desarrollaron una variedad de competencias, como para los docentes involucrados que se vieron inmersos en una nueva metodología de enseñanza.

Ofrecemos replicar la experiencia para estudiantes de nivel universitario, con el propósito de formar una comunidad de usuarios del sistema de adquisición.

Palabras Claves: adquisición y análisis de datos, diseño propio de adquisidor, experiencias de laboratorio, enseñanza de Física y Química.

The development of a low cost acquisition system used as a didactic tool.

Diego Alustiza, Fabiana Prodanoff, Susana Juanto, Camila Quintero, Nahuel Cristofoli.

Grupo IEC, Facultad Regional La Plata, Universidad Tecnológica Nacional, Argentina

Abstract

Science students need laboratory work to develop society demanded skills, that is, achieving procedural skills. However, in Latin America the didactic equipment, usually coming from abroad, has high prices. This prevents some Universities and most secondary schools from buying it.

Our Research Group (IEC, Investigación en Enseñanza de las Ciencias) working with students and scholarship holders of early years at Engineering, developed a low cost data acquisition system based on Arduino.

This system development allowed the students to work cooperatively in electronics basics, sensors, 3D printing, ergonomic design, software, technical english and laboratory experiences.

The system produced works efficiently as a didactic kit for Physics and Chemistry laboratories. The learning experience was extremely rich for both, students which develop a wide range of new skills, and teachers, which found themselves immersed in the Skills Based Approach.

We offer to reproduce and share the experience with university students, in order to create a System User Community

Keywords: *data acquisition and analysis, acquisition system own design, laboratory experiences, Physics and Chemistry teaching.*

Introducción

¿Porqué armamos el adquirente?

Los estudiantes de Ciencias necesitan realizar experiencias de laboratorio para desarrollar las competencias demandadas por la sociedad, particularmente vincular el saber con el saber hacer (Moreno Sanchez, 2012). En muchas ocasiones el alto costo del equipamiento impide que algunas Universidades cuenten con laboratorios bien equipados, y la situación es más crítica aún en los niveles pre-universitarios (escuelas primarias o secundarias).

Teniendo en mente que la inclusión de las tecnologías informáticas en el aula aumenta continuamente, también las empresas que desarrollan herramientas didácticas para ciencias experimentales han invertido esfuerzos en el desarrollo de kits didácticos.

Actualmente tales empresas venden instrumental para laboratorio de uso didáctico que integran a las experiencias un conjunto de herramientas de visualización, es decir incluyen el uso de sensores y computadoras aprovechando la clara familiarización que los estudiantes actuales (nativos digitales) presentan con el uso de las mismas (Pedrò, 2006),

(Pedrò, 2014).

Sin embargo, al tratarse de equipamiento importado, el costo es alto, la posibilidad de reparación u obtención de repuestos es difícil, y generalmente los kits de diferentes fabricantes nos son compatibles entre sí.

El Grupo IEC, observando los beneficios y potencialidades de este tipo de sistemas, y la buena respuesta por parte de los estudiantes, implementó a principios de 2015 una línea de trabajo dedicada al desarrollo tecnológico de sistemas de sensado de magnitudes físicas (adquisidor electrónico de datos) cuya principal característica sea su bajo costo y la versatilidad de uso en lo que a variedad de sensores se refiere. Al mismo tiempo, se inició un análisis de estrategias de enseñanza para el mejor aprovechamiento de este recurso, denominado Pp-V01 (Prodanoff et al, 2015).

De este modo el Grupo IEC buscó cumplir con uno de sus objetivos principales para el año 2015: “Diseñar e implementar estrategias didácticas que incluyan un fuerte basamento experimental (real o virtual) de manera de lograr un aprendizaje activo y significativo, permitiendo optimizar los tiempos áulicos y el desarrollo de competencias en los estudiantes”, valiéndose de la “...generación de herramientas que permitan validar las estrategias antes mencionadas”.

Así mismo se planteó, una vez alcanzada la meta establecida, implementar en 2016 y 2017 la serie de mejoras que surjan del proceso de depuración asociado al uso del equipo en un conjunto de experiencias puntuales, y de ese proceso surgió la versión actual (Pp-V02).

Todo este proceso constituyó un desarrollo propio del Grupo IEC, por lo tanto docentes investigadores y becarios encontraron juntos respuestas a desafíos y problemas cotidianos en el desarrollo e implementación del sistema adquisidor y su comunicación con los sensores y la PC.

Metodología:

¿Cómo armamos el adquisidor?

En función del objeto de trabajo de esta nueva línea, trabajaron en conjunto los docentes investigadores y los becarios. Las tareas del grupo se repartieron entre diseño, implementación y puesta a punto de adquisidor y sensores, por un lado, y por otro el diseño de experiencias de laboratorio específicas.

Se establecieron los siguientes objetivos principales:

- a) estudiar la implementación de este tipo de herramientas en los cursos de Física y Química;
- b) desarrollar un sistema de hardware y software completo.

Así mismo se establecieron objetivos secundarios como los siguientes:

- a) lograr la formación académica de los recursos humanos asignados en los tiempos establecidos en el cronograma correspondiente;

b) evaluar la generación de una posible rama de servicios a otras instituciones educativas (propiciando las actividades de transferencia tecnológica), una vez realizado el análisis de los resultados emergentes del proyecto.

La meta inicial: disponer de un sistema completo y verificado en lo que a su funcionamiento se refiere para diciembre del año 2015 (versión 01). Una vez lograda esta meta, nos propusimos mejorar el sistema de acuerdo a las fortalezas y debilidades encontradas en sus aplicaciones (versión 02).

Análisis y Resultados

El desarrollo tecnológico emprendido por el Grupo IEC confluó al diseño completo de un sistema adquirente de uso didáctico. Desde el punto de vista funcional el sistema exhibe el resultado de una medición de una determinada magnitud física mediante el uso de una interfaz de usuario elemental implementada en una computadora.

El problema técnico se centró en acondicionar la señal de un sensor para ser expuesta en el monitor de una PC.

Tal medición es efectivizada sistemáticamente a una tasa constante (“free running data streaming”). La visualización en el monitor es refrescada con cada arribo de un nuevo dato a la PC vía puerto USB.

Básicamente la primer versión del sistema (Pp-V01) consiste en un conjunto de partes electrónicas interconectadas entre sí. El diagrama en bloques de la Figura 1 muestra el concepto de la interconexión antedicha.

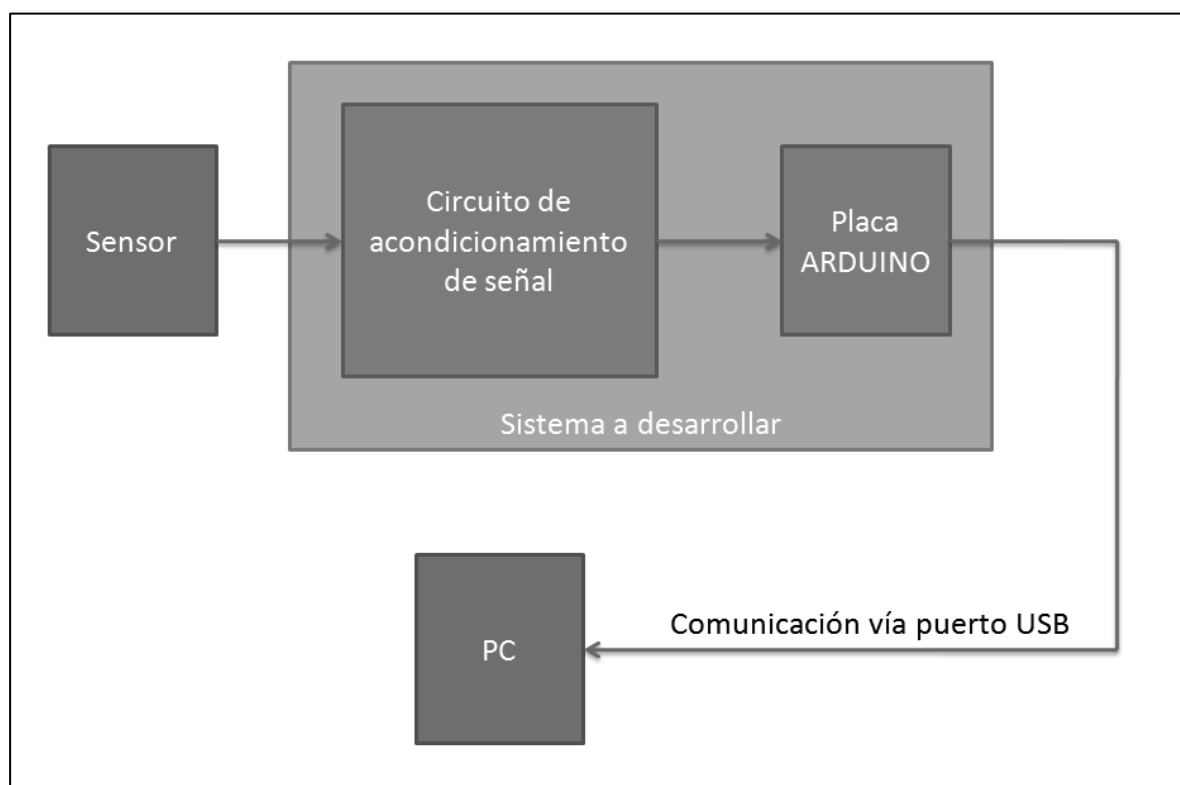


Fig.1. Esquema de la primer versión del sistema adquirente.

El significado y la función de los diferentes bloques esquematizados en la Figura 1 son brevemente explicados a continuación:

a) Sensor: elemento que emite información. Es sensible a la magnitud física que desea medirse. Se conecta en forma directa al circuito acondicionador de señal.

b) Sistema desarrollado: bloque de H/W que contiene dos sub-bloques. Es un sistema intermediario entre el elemento sensor y la PC. Debe suministrar potencia eléctrica a los dos sub-bloques antes mencionados. El circuito de suministro de potencia eléctrica no se encuentra esquematizado en la Figura 1.

c) Circuito acondicionador de señal: subsistema electrónico que prepara a la señal de salida del elemento sensor para ser recibida por la placa Arduino™. Compatibiliza las características eléctricas de la señal de sensor con las admisibles por la placa Arduino™, brindando de ese modo una protección electrónica a esta última y un mejor aprovechamiento de las capacidades de conversión A/D (“Analog to Digital”).

d) Placa Arduino™: subsistema electrónico pre-existente con las capacidades necesarias para realizar la conversión analógica a digital de la señal del sensor, para ejecutar el procesamiento digital necesario de dichas señales, y para comunicarse con otro sistema digital (como una PC en este caso).

e) PC: computadora utilizada para exhibir los resultados de las mediciones en forma apropiada para su posterior análisis, procesamiento numérico y guardado en archivo si fuese necesario.

El trabajo de desarrollo fue organizado de modo tal que fueron atacados los bloques de la Figura 1 clasificándolos en subsistemas, los cuales son enumerados a continuación.

a) Subsistema “Circuito acondicionador de señal”: se trabajó conceptualmente sobre la manipulación teórica de la señal proveniente del sensor para luego llevar a la práctica un circuito que realice tales funciones. Para eso el diseño básico fue realizado siguiendo el método antiguo basado en el cálculo de cada etapa de amplificación de la señal. Posteriormente se eligieron los encapsulados de los componentes electrónicos al alcance del proyecto para concretar el diseño del circuito impreso. Esta última tarea fue realizada mediante el uso de software de asistencia (CAD dedicado al diseño y cálculo de PCBs – “Printed Circuit Board”).

b) Subsistema “Fuente”: los diferentes bloques constitutivos del sistema son alimentados mediante una fuente construida en base al uso de reguladores lineales (no sistemas conmutados) a fin de preservar la pureza electromagnética del espacio que el circuito de acondicionamiento ocupa dentro de su gabinete. El diseño del impreso de esta parte también fue realizado mediante el uso de software de asistencia.

c) Subsistema “Software del Arduino™”: este software fue realizado con las herramientas de programación que ofrece el fabricante de la placa Arduino™. Se optó por esta plataforma debido a que actualmente se cuenta con muchas fuentes de información en Internet. Arduino™ se ha popularizado ampliamente en el ámbito del hobbyista de la electrónica. Esto implica que existan numerosos ejemplos de uso del mismo. Por simplicidad se está implementando la conversión analógica/digital y la comunicación con la PC en la placa Arduino™, pero cabe aclarar que esto no implica que exista ningún tipo de atadura de diseño al respecto. Dado que actualmente se quiere demostrar el concepto del uso de la herramienta de laboratorio que se desarrolló, se optó por el uso de una plataforma de acceso rápido y simple.

d) Subsistema “Interfaz de usuario”: en la primera versión se utilizó software adquirido por la FRLP, pero así su uso estaría restringido pura y exclusivamente a la FRLP (uso estudiantil) durante esta instancia del proyecto. Se proyecta en breve rehacer la aplicación de la interfaz de usuario con un entorno de programación libre.

Finalmente y luego de la etapa de diseño se ejecutó la verificación funcional de todos los subsistemas (Figura 2) para luego proceder a la construcción del equipo (Figura 3).

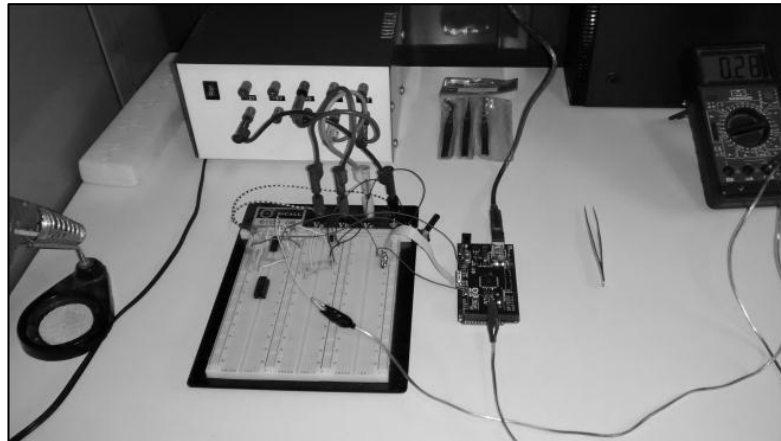


Fig.2 Pruebas funcionales.

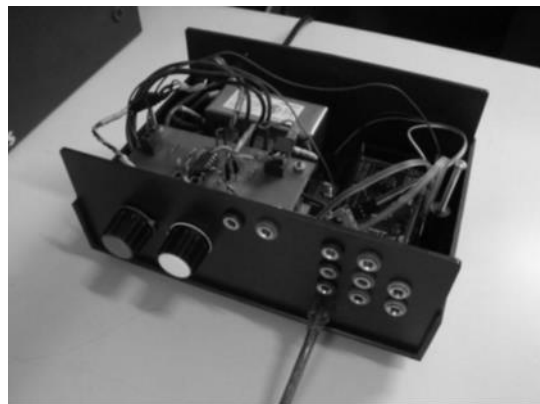


Fig.3 Adquisidor terminado (versión 01)

La Fig. 1 -3 muestran el sistema generado en el año 2015.

Las características de este sistema (versión 01), se resumen a continuación:

a) posibilidad de usarse con un amplio espectro de sensores (voltaje, corriente, distancia, temperatura);

b) posibilidad de controlar en forma analógica la ganancia y el nivel de “offset” de la señal proveniente de un sensor de salida genérica, a fin de compatibilizar el uso del mismo con las características electrónicas de entrada de la interfaz;

c) posibilidad de adquirir datos a tasa regular controlando la frecuencia de muestreo hasta 17 muestras por segundo aproximadamente (no es un sistema de tiempo real de modo que la regularidad del período de muestreo está condicionada por el sistema operativo sobre el

que corre la aplicación de software y también por la carga de cómputo que demanda la ejecución del resto de aplicaciones que corren en forma paralela con el software antedicho);

d) posibilidad de almacenar los datos adquiridos en una PC en un archivo de lectura genérica;

e) posibilidad de graficar el valor de la muestra contra el paso del tiempo en forma simultánea al proceso de adquisición.

Estado actual del desarrollo

Aquí se muestra el sistema actual, Pp-V02. La Fig. 4 muestra un diagrama en bloques del Sistema Pp-V02 conectado a una PC y a dos sensores.

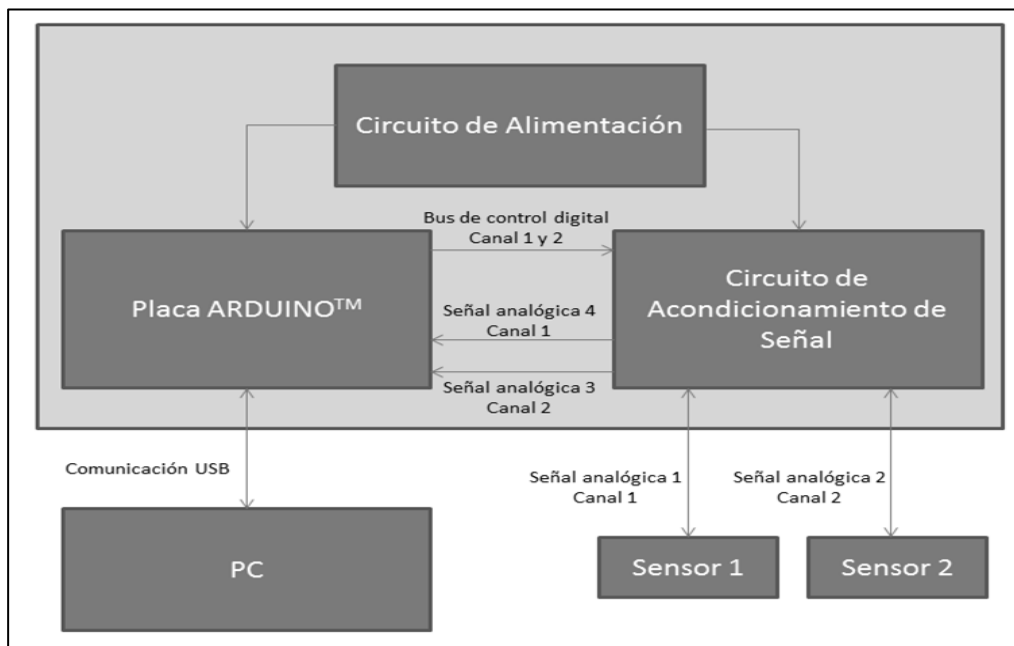


Fig.4 Esquema de la versión actual (02) del sistema adquisidor.

A continuación se listan las características básicas del sistema de adquisición Pp-V02.

a) Adquisición de datos: Sistema multisensor: gracias a la implementación del Bloque “Acondicionamiento de Señal” pueden conectarse sensores cuya excursión en tensión llega a $\pm 10V$, mientras que ARDUINO admite un set de sensores cuya salida analógica sólo puede excursionar en el rango de 0V a 5V.

b) Software de fácil uso: la aplicación de software desarrollada fue pensada de forma tal que pueda ser usada sin necesidad de involucrarse con manuales ni instructivos. El manejo de la interfaz de usuario es sumamente intuitivo tanto para docentes como para estudiantes.

c) Análisis de datos: el software permite visualizar los datos en una gráfica a medida que son adquiridos. También se cuenta con la posibilidad de guardar los datos en una PC (mediante la generación de archivos de texto) para su posterior procesamiento (por ejemplo usando una planilla de cálculo).

d) Inversión económica acotada para su construcción: una de las premisas de diseño fue el empleo de partes de fácil adquisición así como también de bajo costo. De este modo fue

planificada la generación de una serie de unidades a fin de incorporarlas a los laboratorios del Depto. de Ciencias Básicas de la Facultad Regional La Plata, así como los laboratorios de escuelas secundarias que lo demanden, o inclusive de otras Universidades, si se encuentran los mecanismos y convenios necesarios para realizarlo.

A. Mejoras de hardware

Una de las mejoras sustanciales del hardware radica en la implementación del control de ganancia y offset en forma digital y vía comando desde la PC.

En la versión anterior, se contaba con un control analógico usando perillas potenciométricas.

A su vez se amplió a dos la cantidad de canales de adquisición simultánea a fin de ampliar las prestaciones en tiempo de uso y acomodar el sistema adquirente a necesidades más específicas de nuestras aulas (en función de demandas docentes relevadas).

B. Mejoras de software

El software actualmente permite la selección de nuevos sensores. Los mismos también son armados localmente. Tal es el caso de los sensores de campo magnético y de intensidad de luz.

A su vez el software desarrollado para esta versión de interfaz de adquisición permite ajustar el nivel de offset y la ganancia que afecten a la señal de salida del sensor conectado enviando comandos al microcontrolador de la placa ARDUINO™. Esto último es totalmente transparente al usuario

El software fue sometido a cambios a fin de que soporte la visualización simultánea de los dos canales de adquisición que la interfaz permite usar a la vez. También fue depurado en diferentes aspectos ergonómicos a fin de simplificar el uso del mismo por parte de los docentes y estudiantes .

C. Sensores

Al presente, los sensores que se encuentran en uso son: de temperatura, campo magnético, intensidad de luz, diferencia de potencial.

En un futuro próximo planeamos incluir otros sensores, como por ejemplo de pH.

Análisis de Resultados

¿Qué aprendimos al armar y usar el adquirente?

Los mismos becarios involucrados (Camila y Nahuel), realizaron una lista de los grandes y pequeños aprendizajes que desarrollaron en esta experiencia:

“En el transcurso del desarrollo del Pp-V01 aprendí a trabajar en grupo, y con objetivos y fechas límite. Por primera vez trabajé interdisciplinariamente con becarios y docentes de otras carreras, y también me esforcé por mejorar mi inglés técnico y conceptos básicos de programación. Tuve que integrar conceptos de Física, de Química y de Ciencia de los Materiales, y, en resumen, hubo grandes aportes a mi formación como futuro profesional”.

La lista detallada de los aprendizajes, en el orden cronológico en que fueron realizados, es:

1. Adquisidor

- 1.1. Estudio básico de conceptos físicos de la electricidad en la electrónica.
- 1.2. Estudio de la electrónica propia a realizar en el adquisidor.
- 1.3. Aprendizaje del “Protoboard”(placa de pruebas)
- 1.4. Ejercicios prácticos de circuitos electrónicos y manejo de multímetro, con el “Protoboard”.
- 1.5. Diseño de placas en esquemáticos electrónicos en “software de automatización de diseño electrónico”, para la placa de acondicionamiento de señal y la placa de alimentación.
 1. Impresión del esquemático en papel “transfer”.
 2. Técnica de transferencia del circuito generado en el papel a la placa de cobre (la placa de cobre sufre ataque químico, es decir se disuelve cobre mediante una reacción química)
- 1.6. Diseño de placas de acondicionamiento y alimentación para la segunda generación del adquisidor.
 1. El diseño digital se le da formato y especificaciones para ser mandado a imprimir, con carácter de nivel industrial, aumentado la definición y prestación con respecto a la generación anterior.
 2. En esta nueva etapa de diseño la se profundiza las especificaciones propias de este tipo de fabricación. Estudiando las características físicas propias de dicha tecnología.
- 1.7. Limpieza y conceptos de protección química del “Flux” (protector para circuitos impresos), para la etapa electrónica del adquisidor.
- 1.8. Armado y verificación de las placas electrónicas.
 1. Adquisición de criterios de limpieza, mantenimiento y guardado de las placas.
 2. Estudio del distinto tipo de soldaduras, soldadoras, superficies de soldado y precauciones de soldado de componentes críticos, a diversos choques térmicos y eléctricos.
 3. Soldado de componentes y comprobación de soldadura apta, en la placa.

2. Ensamblaje completo del adquisidor
 - 2.1. Pruebas las tres placas por separado. Verificación de soldaduras, referencias de tierras, señalización de cables prioritarios.
 - 2.2. Conexión de las placas y sistema de alimentación con protección de la red eléctrica externa.
 - 2.3. Preparación y adaptación de la caja del adquisidor con los respectivos puertos y soportes, internos y externos. Fabricación de estructura interna para aislación eléctrica y soporte de las placas.
3. Sensores
 - 3.1. Selección de magnitudes más aptas para estudiar en los laboratorios.
 - 3.2. Diseño y cálculos de los esquemáticos de los sensores.
4. Fabricación de los sensores.
 - 4.1. Búsqueda de los “datasheet” (ficha de datos técnicos) de los componentes elegidos.
 - 4.2. Búsqueda de tiendas que vendan dichos componentes, realización de la compra.
 - 4.3. Búsqueda del mejor sistema y fichas de comunicación de los sensores con el adquisidor.
 - 4.4. Estudios de las formas de fijación de los sensores con el “holder” (soporte), cables de señal y alimentación, con la ficha.
 - 4.5. Estudio del blindaje electromagnético para el sistema de comunicación de los sensores con el grupo adquisidor, repercutiendo en el rediseño, para una mejor desempeño de tales sensores.
 - 4.6. Calibración y manejo de los datos (generados por el sensor) para la interpretación del software de interpretación.
5. Fabricación de los “holder”
 - 5.1. Diseño del croquis y necesidades básicas del holder.
 - 5.2. Aprendizaje y diseño del holder en un programa informático de diseño, fabricación e ingeniería asistida por computadora.
 - 5.3. Selección del material. Impresión en impresora 3D.

- 5.4. Ensamblaje y depuración de los holder, con cada tipo de sensor.
6. Software
 - 6.1. Conceptos básicos de programación.
 - 6.2. Aprendizaje de una plataforma y entorno de desarrollo para diseñar sistemas, con un lenguaje de programación visual gráfico. Para sistemas hardware y software de pruebas, control y diseño, simulado.
 - 6.3. Adquisición de librerías para comunicación de Arduino y el entorno del desarrollo.
 - 6.4. Diseño y formación del programa de interpretación, comunicación, análisis y almacenamiento de los datos emitidos por la placa Arduino.
 - 6.5. Esquematación del interfaz de usuario. Prueba de campo con la interfase.
7. Ensamble de los distintos componentes del adquisidor, prueba de campo y mejoras críticas y ergonómicas.
 - 7.1. Reinterpretación de los requisitos en el interface de usuario.
 1. Las pruebas piloto del equipo marcaron la necesaria reorganización de la interfaz de usuario, para su mayor simplicidad y ergonomía para usuarios no conocedores de software.
 2. En una segunda etapa se agregó la función de almacenamiento de datos en un formato versátil para su futura manipulación y portabilidad.
 - 7.2. Elección del tipo de conexión del adquisidor a la computadora.
 1. Se eligió el tipo de conexión en función de la pérdida de señal por la distancia del cable.
 2. Unificando el criterio de elección de fichas de comunicación. Para una mejor adaptación al tipo de ambiente de trabajo y bajo costo de fabricación y ensamble.
 3. El tipo de conexión simplifica la interacción con el adquisidor y el entorno de desarrollo de la PC, mejorando la gestión de tiempo de programación y la versatilidad para distribuirlo a otras pc.
 - 7.3. Cambios en conexiones entre adquisidor y sensores.
 1. Las ventajas técnicas, operativas y de ensamblajes de las fichas fueron superadas en una siguiente etapa, para evitar fallas humanas en las

conexiones del adquirente por parte de los sensores, simplificando la operatividad.

2. Al ver la obligatoriedad de acompañar el equipo y los sensores con ciertas experiencias, se establecieron normas específicas y generales, para proteger los sensores y accesorios de la experiencia.
3. Rotulado interno de elementos del adquirente, cableado y cuidado críticos del transformador y canales portadores de señales de los sensores, disminuyendo lo más posible la contaminación electromagnética.

Uso y divulgación del sistema de adquisición

Los resultados/conclusiones de la primer etapa descrita del proyecto fueron publicados en el evento CoNaIISI 2015 celebrado en la UTN FRBA a fines del mismo año (Prodanoff et al, 2015). Además se realizó el dictado de un seminario/taller en la Facultad de Ingeniería de la UNLP titulado “Calculando incertezas: comparación de sistemas de medición para la ejecución de trabajos de laboratorio en el aula” utilizando a la interfaz Pp-V01 como principal herramienta de medición (dictado el 17/3/2016 en el evento “20 Años IMApEC, FI-UNLP”).

El sistema fue presentado a través de un Taller dictado en la XX Reunión de Educadores en Física (XX REF), en Argentina, en 2017, y se realizaron divulgaciones en escuelas de la zona (Juanto et al, 2017), con sistemas como el de la Fig.5.

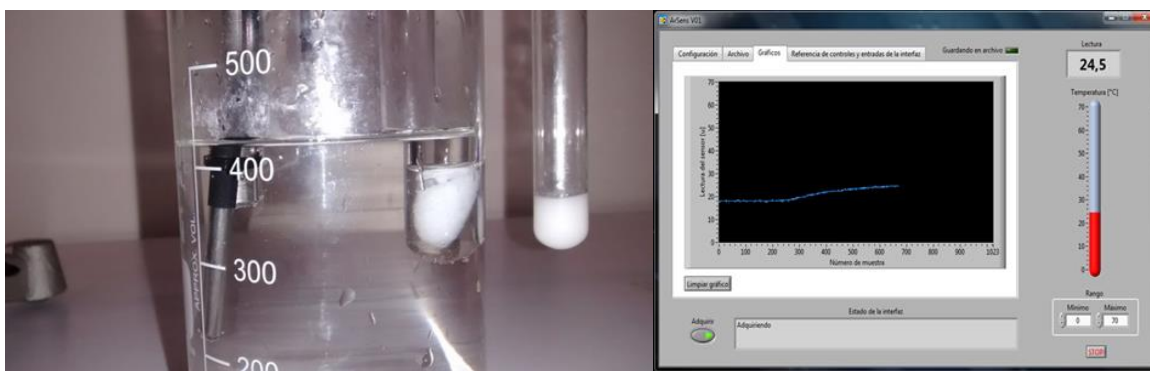


Fig.5. Sensor de temperatura y adquisición de datos.

Discusión

La construcción del mencionado sistema permitió que los estudiantes involucrados trabajen colaborativamente en temas básicos de electrónica (diseño de circuitos, impresión de plaquetas, técnicas de soldadura, interfaz de comunicación analógica con las plaquetas Arduino, diseño y armado del sistema de alimentación, ensamble y puesta a punto del sistema de adquisición), temas de software (aprendizaje de conceptos básicos de

programación, análisis y comunicación de señales, programación de la plaqueta Arduino, diseño y puesta a punto de la interfaz gráfica para adquirir, interpretar, graficar, almacenar datos experimentales), temas relacionados a sensores específicos (búsqueda y análisis de datos de electrónica de los sensores, ensayo preliminar de su rango de aplicación, diseño y fabricación de los soportes (“holders”) para sensores, puesta a punto del conjunto de sensores), diseño y puesta a punto de experiencias de laboratorio empleando el sistema de adquisición, los sensores y el software diseñado, diseño de objetos para impresión 3D .

La proyección a futuro incluye:

a) Diseño de experiencias de laboratorio

Es importante el diseño didáctico de un conjunto de trabajos de laboratorio que incorporen provechosamente el uso de los sensores y el sistema de adquisición de datos. Nuestro Grupo cuenta con experiencia en diseño didáctico de experiencias de laboratorio (Juanto et al, 2017) .

b) Servicio técnico

Se prevé la capacitación de personal que esté disponible al momento de necesitarse información (asesoramiento) o trabajos de reparación propiamente dichos.

c) Producción local

Esta línea de trabajo prevé la preparación de la logística necesaria para afrontar una dada demanda definida por las políticas educativas de la Regional u otras instituciones que requieran la interfaz de adquisición y sensores.

Nuestro objetivo es que nuestro producto sea accesible (económica y didácticamente) tanto a Universidades como a colegios interesados en el trabajo experimental.

Conclusiones

La sola experiencia del desarrollo y puesta a punto constituyó una gran oportunidad de adquisición de competencias, tanto conceptuales (involucrando saberes de alta especificidad) como procedimentales (involucrando técnicas específicas y complejas) e inclusive actitudinales, al relacionar estudiantes de distintas especialidades de Ingeniería.

Es por ello que recomendamos y alentamos a replicar la experiencia (y ofrecemos nuestro asesoramiento para realizarlo), convencidos de que la misma:

- revaloriza el empleo de TIC en el aprendizaje,
- se constituye en un buen ejemplo del aprendizaje basado en competencias,
- permite confiar en que es posible ampliar las experiencias de laboratorio aún con bajo presupuesto,
- e inclusive podría desarrollarse una comunidad de usuarios que intercambie sus experiencias, depure el software y proponga nuevos desafíos.

Agradecimientos

A Axel Cristófoli por su entusiasta colaboración en impresión 3D.

A la directora (Dra Lía Zerbino) y co-directora (Lic.Nieves Baade) del IEC, al igual que a las autoridades de la FRLP, UTN, y al Rectorado de la UTN, por su continuo apoyo a este proyecto.

Referencias

Moreno Sanchez, J.I.; Albert, G.L.; Hernández, B. M., López, J. A. (2012) “*Científicos en el aula*” *Enseñanza y divulgación de la química y la física*. Editores: Gabriel Pinto Cañón y Manuela Martín Sánchez (2012).Recuperado de [http://quim.iqi.etsii.upm.es/vidacotidiana/EnsenanzayDivulgacion\(2012\).pdf](http://quim.iqi.etsii.upm.es/vidacotidiana/EnsenanzayDivulgacion(2012).pdf), enero 2018.

Pedrò, Francesc (2006), *Aprender en el Nuevo Milenio: Un desafío a nuestra visión de las tecnologías y la enseñanza*. OECD-CERI. Recuperado de https://www.researchgate.net/publication/237316306_Aprender_en_el_Nuevo_Milenio_Un_Desafio_a_Nuestra_Vision_de_las_Tecnologias_y_la_Ensenanza, enero 2018.

Pedrò, F. “*Tecnología para la mejora de la educación*”. Fundación Santillana. 2014. Recuperado de <http://conocimientoeducativo.com/wp-content/uploads/2015/10/Interior-Educaci%C3%B3n1.pdf>, enero 2018.

Prodanoff F., Juanto S., Alustiza D., Cristofoli N., Zapata M., y Abraham A.(2015), “*Caso de Desarrollo Tecnológico Local: Generación de Material Didáctico de Bajo Costo para la Implementación de Trabajos de Laboratorio*”, en Actas del 3º Congreso Nacional de Ingeniería Informática/Sistemas de Información (CoNaIISI 2015), <http://conaiisi2015.utn.edu.ar/memorias.html>, consultado en diciembre 2017.

Juanto,S; Prodanoff, F; Zerbino, L.M., Baade,N.(2017) «*Desarrollo de competencias en Física y Química a través de Laboratorios Integradores*». Memorias CIMTED XIII Congreso Internacional Sobre el Enfoque Basado en Competencias CIEBC 2017 “Modernización de la Educación y Diseño Curricular” Cartagena de Indias - Colombia. Quinta Edición: Medellín. Colombia. Serie: “Memorias CIMTED”. Publicación Trimestral. Marzo 2017, 393-403. <http://www.cimted.org/ciebc2017/>, consultado en febrero 2018.

Juanto, S; Prodanoff, F; Alustiza,D; Zerbino, L; Ronconi, J; Cristofoli,N; Stei, J. (2017)“*Despertando en el secundario el interés por las carreras científico-tecnológicas a través del trabajo experimental*. Revista de Enseñanza de la Física. Vol. 29, No. Extra, Nov. 2017, 261–267. www.revistas.unc.edu.ar/index.php/revistaREF, consultado en febrero 2018.