

Caso de Desarrollo Tecnológico Local: Generación de Material Didáctico de Bajo Costo para la Implementación de Trabajos de Laboratorio

Lic. Prodanoff Fabiana
Grupo IEC. UTN FRLP.
fabianaprodanoff@gmail.com

Ing. Juanto Susana
Grupo IEC. UTN FRLP.
sujuanto@yahoo.com.ar

Ing. Alustiza Diego
Grupo IEC. UTN FRLP
diegoalustiza@yahoo.com.ar

Sr. Cristofoli Nahuel
Grupo IEC. UTN FRLP.
nahuelcristofoli@gmail.com

Sr. Zapata Matías
Grupo IEC. UTN FRLP.
matiaszap@gmail.com

Sr. Abraham Abel
Grupo IEC. UTN FRLP.
abelito_abraham09@hotmail.com

Resumen

En este trabajo se describe una experiencia llevada adelante en la UTN FRLP en el contexto de una de las líneas de investigación del Grupo IEC (Investigación en Enseñanza de la Ciencias) durante el primer semestre del año 2015. La experiencia consiste en el desarrollo de un sistema electrónico capaz de traducir la información detectada por cuatro sensores de diferentes magnitudes físicas, en información susceptible de ser expuesta en una computadora para su posterior análisis. Con el fin de ser usado como material de asistencia en trabajos de laboratorio en los espacios de enseñanza de materias como Física y Química, se realizó el desarrollo integral del hardware y del software involucrado. Se concluye mostrando el potencial del desarrollo de proyectos de esta naturaleza y su impacto en el contexto educativo en el que se explotan los emergentes de los mismos.

1. Introducción

El equipamiento para el desarrollo de actividades de laboratorio en las aulas es extremadamente costoso. Por tal motivo las instituciones educativas se privan en muchos casos del acceso a los mismos. El material didáctico de bajo costo representa un sector no ocupado por empresas generadoras de hardware educativo. Más aún si se observa la oferta de producción nacional al respecto.

Entendemos que en asignaturas como Física y Química la experimentación juega un rol fundamental en el proceso de enseñanza y de aprendizaje, y por tal motivo el material

usado para la implementación de actividades de laboratorio es una herramienta fundamental que los docentes deberían poseer y conocer.

El advenimiento de los sistemas informáticos brindó un canal de ejecución que permanentemente evoluciona [3]. Hoy en día las empresas que producen instrumental para laboratorio de uso didáctico, ofrecen sistemas que integran a las experiencias un conjunto de herramientas de visualización. Éstas últimas implican el uso de sensores y computadoras aprovechando la clara familiarización que los estudiantes modernos presentan con el uso de las mismas [1]. El Grupo IEC, no ajeno a esta realidad y observando los beneficios y potencialidades de este tipo de sistemas, 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. En paralelo al desarrollo antedicho se comenzó un estudio que implica el análisis de cuáles son las estrategias óptimas a ser aplicadas en tiempo áulico para el mejor aprovechamiento de este recurso de hardware y software.

En función del objeto de trabajo de esta nueva línea, se establecieron los siguientes objetivos principales: a) estudiar 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) mediante el análisis de los resultados emergentes del proyecto. La meta: disponer de un sistema completo y verificado en lo que a su funcionamiento se refiere para diciembre del año 2015.

De este modo el Grupo IEC busca 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”***¹, valiéndose de la ***“...generación de herramientas que permitan validar las estrategias antes mencionadas”***.

2. El comienzo del trabajo

Para llevar este emprendimiento adelante se realizó la planificación de un proyecto de desarrollo que respetó una serie de etapas. Tal planificación surgió del análisis y cumplimiento de las siguientes cuestiones primarias: establecimiento de los objetivos didácticos que debe cumplir el sistema, especificación de requerimientos técnicos del sistema, definición de un diagrama temporal marco a fin de controlar la evolución de la ejecución de las tareas involucradas, conformación de un grupo de trabajo, determinación de recursos mínimos necesarios, entre otros. Las etapas de la planificación fueron las clásicas de todo proyecto de desarrollo pero en un formato simplificado debido a la baja envergadura del proyecto en sí. Esto implicó una etapa de diseño (tanto de software como de hardware), luego una etapa de implementación de diseño a nivel prototípico, luego una etapa de verificación de diseño y por último una etapa de construcción del modelo final del sistema.

Como se mencionó antes, la formación del grupo de trabajo fue uno de los puntos de partida del proyecto. El grupo humano destinado al desarrollo de esta línea de trabajo del Grupo IEC está conformado básicamente por tres docentes investigadores y tres becarios que son estudiantes de la Facultad Regional La Plata (FRLP), UTN. La distribución de tareas atribuido al personal afectado al proyecto fue realizada teniendo en cuenta los tiempos dedicados de cada uno, resultando en una división de dos grupos. Estas tareas son las siguientes: tareas de diseño de la aplicación didáctica del sistema desarrollado; y tareas de diseño técnico específico en lo que a hardware y software se refiere (este grupo de tareas de diseño está totalmente condicionada por los requerimientos emergentes del grupo de tareas previo). La primera rama de la clasificación de las tareas fue ejecutada por la Lic. Fabiana Prodanoff (docente investigadora y responsable del Área de Física del Grupo IEC) y la Ing. Susana Juanto

(docente investigadora y responsable del Área de Química del Grupo IEC), mientras que el segundo grupo de tareas fueron ejecutadas por el Ing. Diego Alustiza (docente investigador del Grupo IEC) y los becarios Nahuel Cristofoli (estudiante de 2^{do} año de la carrera Ing. Industrial), Matías Zapata (estudiante de 3^{er} año de la carrera Ing. Eléctrica) y Abel Abraham (estudiante de 3^{er} año de la carrera Ing. Eléctrica).

Los primeros días fueron invertidos en la generación de un espacio físico donde desarrollar las tareas de índole técnico. Para esto se formó un laboratorio/taller de electrónica afectado exclusivamente a la línea de trabajo mencionada. Luego de unos días de acondicionamiento necesario (mesada, luminaria, instalación de conexión a Internet, instalación de red de distribución eléctrica apropiada, etc.) comenzaron las primeras acciones asociadas con la planificación confeccionada.

En lo relativo al equipamiento, se contó con el apoyo del instrumental del pañol de Física del Departamento de Ciencias Básicas de la FRLP. Esto incluyó el préstamo de computadora, generador de señales, osciloscopio, fuentes de corriente continua y multímetro de mano. Las herramientas de uso normal en el área de electrónica fueron abastecidas por el Grupo IEC.

3. Descripción conceptual del sistema desarrollado

Desde el punto de vista funcional puede resumirse la forma con la que el sistema opera de la siguiente manera: 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 simplemente en acondicionar la señal emergente de un sensor para ser puesta de alguna manera 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.

En lo que a hardware se refiere, el sistema consiste básicamente en un conjunto de partes electrónicas interconectadas entre sí y que cumplen en forma distribuida con la función mencionada en el párrafo anterior. El diagrama en bloques de la Figura 1 muestra el concepto de la interconexión antedicha.

¹Cita del documento “Grupo IEC UTN-FRLP – Memoria 2014/2015”.
Página 7 y 8.

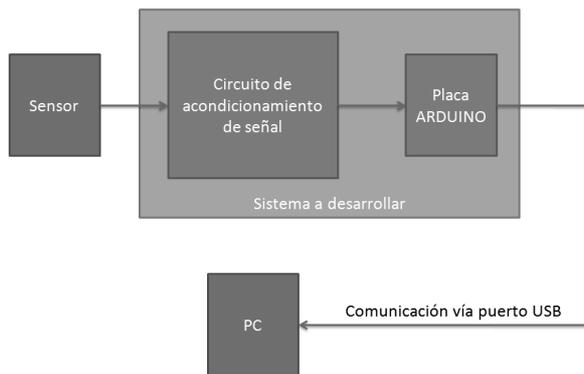


Figura 1. Diagrama en bloques del sistema.

Los diferentes bloques esquematizados en la Figura 1 son explicados a continuación:

Sensor: es el elemento que emite información. Es sensible a una magnitud física dada que quiere ser medida. Se conecta en forma directa al circuito acondicionador de señal. Puede necesitar la alimentación eléctrica brindada por alguna unidad de distribución de potencia no esquematizada en la Figura 1.

Sistema desarrollado: es un bloque de H/W que contiene dos sub-bloques. Es un sistema intermediario entre el elemento sensor y la PC que exhibe y procesa los datos recolectados. Debe suministrar potencia eléctrica a los dos sub-bloques antes mencionados. El circuito de suministro de potencia eléctrica no se encuentra esquematizado en este diagrama en bloques.

Circuito acondicionador de señal: es un subsistema electrónico que prepara a la señal de salida del elemento sensor para ser recibida por la placa Arduino™. Desde el punto de vista eléctrico 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*”).

Placa Arduino™: es un 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 (control de ruido electrónico inherente a la medición), y para comunicarse con otro sistema digital (como una PC en este caso) mediante una comunicación del tipo USB.

PC: es una computadora utilizada para exhibir los resultados de las mediciones en forma apropiada para su posterior análisis y procesamiento numérico si fuese necesario.

4. Premisas de diseño

Versatilidad en el conexionado de sensores. Una de las premisas de diseño fue lograr que el Circuito Acondicionador de señal fuese lo más versátil posible a fin

de no restringir el uso del mismo a un solo tipo de sensor. Por esto último se dotó al diseño de una serie de seteos electrónicos que funcionan a modo de configuraciones, cuales permiten cambiar el funcionamiento del circuito de tal manera que pueda ser “ajustado” a las características electrónicas de salida de un amplio conjunto de elementos sensores. El ajuste antes mencionado consiste en la manipulación de la señal de salida del sensor (sin distorsionar la información que ésta conlleva) de modo tal que los niveles de señal entrantes al bloque “Placa Arduino™” (Figura 1) sean totalmente compatibles con éste. Así se garantizan dos cuestiones: a) que la señal entrante a tal bloque no exceda los niveles de entrada permitidos por el mismo y no generar un mal funcionamiento por rotura; b) que la excursión de señal del sensor sea tal que se aproveche lo mejor posible el rango dinámico del conversor analógico/digital residente en el bloque mencionado, y de este modo optimizar la resolución del sistema entero visto como sistema de medición. Los seteos son realizados mediante dos controles potenciométricos disponibles en el panel frontal del sistema de hardware desarrollado.

Bajo costo. Esta fue una restricción primaria impuesta al diseño del hardware a fin de que los emergentes del proyecto sean tales que ameriten ser analizados como alternativa ante la eventual necesidad de reequipar los laboratorios de Ciencias Naturales y por ende ante la situación de compra de material didáctico de similar naturaleza. Esta característica del sistema desarrollado impacta (claro está) en la calidad de las señales adquiridas y visualizadas en la PC a través de la interfaz de usuario. Esta concesión aceptada es compatible con el uso final del sistema. No se trató de diseñar un sistema que mida lo mejor posible sino de generar una herramienta de enseñanza. Se acordó en tiempo de gestación del proyecto que el estudio de las incertidumbres de medición se realizarían en una etapa posterior al desarrollo del sistema.

Interfaz de usuario simple. La interfaz de usuario planteada desde su primera mención como una aplicación de software cuya obviedad de uso fuera contundente. Esto facilitaría el uso tanto por parte de los estudiantes como el de los docentes.

5. Etapa de diseño

El diseño del sistema consistió en el desarrollo de cuatro subsistemas (dos de software y dos de hardware).

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*”).

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.

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.

Subsistema “Interfaz de usuario”: se pretende que la interfaz de usuario sea elaborada en LabView™, dado que su uso estaría restringido pura y exclusivamente a la FRLP (uso estudiantil) en esta instancia del proyecto. Para esto se está estudiando el marco legal que implica esta acción en relación con las licencias que brinda National Instruments. Se proyecta a futuro rehacer la aplicación de la interfaz de usuario con un entorno de programación libre.

6. Etapa de verificación

Se realizaron pruebas variadas a fin de comprobar el correcto funcionamiento del sistema. Tales pruebas consistieron en la aplicación de diferentes métodos según haya sido la parte bajo ensayo. Así mismo se realizaron pruebas aplicadas a cada subsistema como también al conjunto de éstos conectados entre sí, es decir, aplicadas al sistema visto como tal.

Para el circuito de acondicionamiento de señal se aplicó un método sencillo y básico. Se excitó al subsistema con señales conocidas y se observaron las señales de salida. Conociendo la función de transferencia del subsistema, la verificación consistió simplemente en comparar lo observado con lo esperado. Todas las evaluaciones realizadas resultaron satisfactorias.

Una vez terminadas estas pruebas sobre el subsistema mencionado se prosiguió con el diseño del circuito impreso que funcionaría como sustrato de los componentes electrónicos que conforman al circuito de

acondicionamiento. La Figura 2 ilustra un momento en que se estaban realizando alguna de las pruebas antedichas.

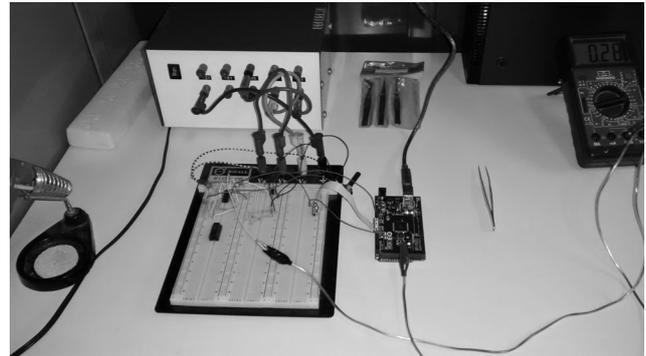


Figura 2. Pruebas funcionales.

Respecto a la fuente de alimentación, se siguió un esquema similar. Sólo se observaron diferentes puntos de verificación mediante el uso de osciloscopio y multímetro comparando lo observado con lo esperado en forma teórica. Los resultados de estas pruebas fueron satisfactorios.

Respecto al software hecho para que corra en el microcontrolador de la placa Arduino™, el mecanismo de verificación fue más segmentado. Primero se comprobó el correcto funcionamiento del código asociado a la adquisición de datos mediante la interfaz analógica de la placa. Luego se comprobó la correcta emisión de datos vía puerto serie del dispositivo. Luego se comprobó el correcto funcionamiento de la unión de estos bloques de código antes mencionados. Las pruebas fueron satisfactorias.

Por último, el software de la interfaz de usuario que corre en la PC se encuentra en etapa de desarrollo.

7. Resultados obtenidos hasta la fecha de presentación de esta publicación

En esta sección se muestran algunas fotografías que denotan el avance de los ensamblajes electrónicos realizados hasta la fecha mencionada. No se incluirán resultados funcionales debido a que aún no se cuenta con los mismos.

La Figura 3 muestra el circuito impreso del subsistema de acondicionamiento de señal en una etapa previa al proceso de poblado de componentes electrónicos.

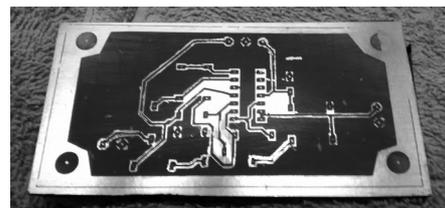


Figura 3. Circuito impreso del subsistema de acondicionamiento de señal.

La Figura 4 muestra la misma placa de circuito impreso con algunos de los componentes ya montados.

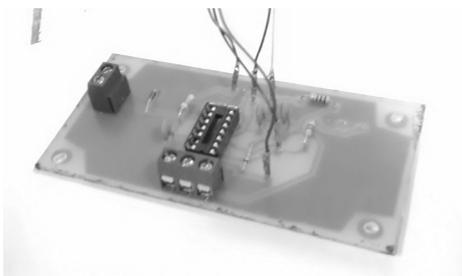


Figura 4. Placa semi-poblada con componentes electrónicos.

8. Implicancias de la experiencia de desarrollo

La gestación de ésta línea de trabajo en el Grupo IEC propició la formación de estudiantes avanzados en un línea totalmente novedosa para ellos. Cada miembro del grupo de trabajo asumió las responsabilidades dispuestas en pos de cumplir con las tareas que le eran consignadas. Este mecanismo brindó resultados satisfactorios desde los primeros días de su puesta en marcha. Debido a esta distribución de tareas, aparecieron diferentes sub-líneas de trabajo dentro del grupo. Por un lado un becario fue guiado por un miembro investigador en el diseño del hardware (circuito de acondicionamiento de señal y fuente de alimentación eléctrica). Por otro lado otros dos becarios se dispusieron al diseño de los dos elementos de software a desarrollarse.

Lo declarado antes implicó que cada miembro del grupo ampliase sus competencias en el tema de desarrollo que le fue asignado redundando en formación (capacitación y entrenamiento) de recursos humanos. Al momento en que se terminó de redactar este trabajo se pudieron identificar los siguientes puntos de formación de recursos humanos:

Electrónica básica. Se enseñó al becario designado la interpretación básica de circuitos electrónicos elementales en lo que respecta a diagramas esquemáticos. Se capacitó al becario para que sea capaz de entender y leer un circuito electrónico elemental a partir de un esquema gráfico. Esto a su vez implicó el entrenamiento en el uso de software de asistencia en la generación de esquemáticos de circuitos electrónicos (*Proteus*, en este caso).

Diseño de circuitos impresos. Se enseñó al becario designado a aplicar recetas de cocina básicas y técnicas de diseño de circuitos impresos de baja frecuencia y baja potencia. Se explicaron los fundamentos de diseño de impresos. Para esto se entrenó al becario en el uso de software de asistencia apropiado.

Implementación práctica de circuitos electrónicos en plataforma de prototipos. Se enseñó al becario designado a montar circuitos electrónicos sobre un

proto-board. Para ello se le explicó cómo funciona y cuál es la función de tal elemento.

Construcción de circuitos impresos. Se enseñó al becario designado cómo construir mediante el método de transferencia térmica circuitos impresos.

Soldadura de componentes electrónicos. Se instruyó al becario en las técnicas de soldadura utilizables en tecnología del tipo “*throughhole*” (que fue la utilizada en la implementación de la electrónica del sistema desarrollado).

Programación de la placa Arduino™. Implicó la capacitación del becario designado en el uso de la placa Arduino™ lo cual incluyó el conocimiento de las características no sólo de la plataforma de hardware de tal placa sino también de la forma de programación (sintaxis de programación y entorno de programación brindado por el fabricante).

Generación de la Interfaz de Usuario. Debido a que se decidió realizar tal bloque de software en LabView™, la generación de la Interfaz de Usuario implicó que el becario designado estudiara los fundamentos de la programación en LabView™ (código G).

Puede observarse que los ejes temáticos abordados para el ataque de los diferentes tópicos del proyecto, fueron acotados pero bien distribuidos. Al día de la fecha se cuenta con becarios que han logrado experiencia en dichos campos del conocimiento técnico. Uno de los objetivos secundarios del Grupo de Investigación IEC es “*contribuir a la formación de recursos humanos, generando y desarrollando las competencias correspondientes, para promover la actividad docente en área de las Ciencias Básicas*”². Estos conocimientos adquiridos por los becarios están hoy en día a disposición de otras líneas de trabajo docente del grupo de investigación. Por otro lado puede decirse que tales conocimientos han sido establecidos sobre la base de la motivación generada por un proyecto de aplicación tecnológica directa (hecho que estadísticamente hablando es muy valorado por los estudiantes de ingeniería). Otras experiencias de campo relativas al aprendizaje basado en la motivación pueden encontrarse en las referencias de este trabajo [2] y [5].

9. Proyección futura

En vista de los resultados parciales obtenidos y especulando que las líneas de desarrollo de cada subsistema arribará a buen puerto, puede concluirse que luego de la experiencia obtenida en la ejecución de este trabajo, se contaría con los recursos humanos e instalaciones necesarios para realizar una segunda etapa de desarrollo. En esta segunda etapa se buscaría optimizar ciertos aspectos técnicos del hardware y del software apuntando a la generación de un producto reproducible y

²Cita del documento “Grupo IEC UTN-FRLP – Memoria 2014/2015”.
Página 8.

disponible a demanda del cuerpo docente de las materias de Física y Química de la FRLP.

10. Agradecimientos

A la Dra. Lía Zerbino (directora del Grupo IEC) por su permanente confianza en los emprendimientos e ideas de este grupo humano.

Al Ing. Jorge Stei (docente investigador del Grupo IEC y responsable del pañol de Física) por su continuo apoyo a las actividades varias llevadas a cabo por todos los involucrados en este proyecto.

A las autoridades de la FRLP y especialmente a la SeCyT dado que sin el apoyo formal e institucional no se hubiese podido materializar el comienzo del proyecto que actualmente se está llevando adelante. Cabe mencionar que las placas ArduinoTM que fueron usadas han sido adquiridas vía PROMINF.

11. Referencias

[1] Malva, A., Frausin, A., y Castellaro, M., “Desarrollo y uso de aplicaciones tecnológicas: un desafío interdisciplinario en aulas de ciencias y tecnologías básicas”, en Actas del 1º Congreso Nacional de Ingeniería Informática/Sistemas de Información (CoNaIISI 2013), Córdoba, Argentina, Nov 21-22 2013.

[2] García, M. M., Bengualid, M., Forte, G., Destefanis, E., Olariaga, S., y Paez., N., “Aprendizaje y Motivación: Competencia de Cuatro en Línea”, en Actas del 1º Congreso Nacional de Ingeniería Informática/Sistemas de Información (CoNaIISI 2013), Córdoba, Argentina, Nov 21-22 2013.

[3] Kuz, A., Falco, M., y Giandini, R., “Las nuevas realidades educativas a través de las TICS” en Actas del 2º Congreso Nacional de Ingeniería Informática/Sistemas de Información (CoNaIISI 2014), San Luis, Argentina, Nov 13-14 2014, pp. 454-461.

[4] Baade, N., Alustiza, D., Mineo, M., Dorbesi, C., Calderón, J., y Toledo, J., “Diseño de un sistema de adquisición simple para ser usado como herramienta en trabajos de laboratorio”, en Actas del 10º Congreso Argentino de Ciencias de la Computación (CACIC), La Matanza, Argentina, 2004.

[5] Baade, N., Prodanoff, F., Alustiza, D., Centorbi, G., Stei, J., y Zerbino, L., “Conduciendo el modelo de aprendizaje a la resolución de problemas y necesidades tecnológicas”, en Jornada de Ciencias y Tecnología UTN FRLP, La Plata, Argentina, Oct 16 2004.