

## **VENTANA VIRTUAL PARA MACROLABORATORIO DE AUTOMATIZACIÓN**

Mario Fernández-Fernández, Universidad de Talca, [mafernandez@utalca.cl](mailto:mafernandez@utalca.cl)

Carlos Muñoz-Poblete, Universidad de la Frontera, [carlos.munoz@ufrontera.cl](mailto:carlos.munoz@ufrontera.cl)

Ernesto Rubio-Rodríguez, Universidad del Bío Bío, [aerubio@ubiobio.cl](mailto:aerubio@ubiobio.cl)

William Gutiérrez-Marroquín, SENA-CEAI (Cali, Colombia), [william.gutierrez@sena.edu.co](mailto:william.gutierrez@sena.edu.co)

Leonardo Benavides-Maldonado, Universidad Nacional de Loja (Loja, Ecuador), [josephle2004@yahoo.es](mailto:josephle2004@yahoo.es)

### **RESUMEN**

Una ventana virtual es un medio conformado por una serie de elementos que une a una persona con otro espacio, permitiéndole situarse en dicho contexto como si estuviera en forma real. Por tanto, se constituye en un sistema relevante de un espacio de trabajo colaborativo, en el que no todos los participantes se encuentran en las cercanías físicamente, sino que incluso pueden estar separados por cientos o miles de kilómetros. En el ámbito de la educación, la disponibilidad de espacios colaborativos es relevante para el desarrollo de competencias transversales, como el trabajo en equipo y el aprendizaje activo. Esta es la razón de ser de los laboratorios educativos, al permitir “aprender haciendo”. En este contexto, la remotización de laboratorios ha permitido -en las últimas décadas- que para hacer una experiencia práctica de laboratorio, no necesariamente se requiera estar presente en el mismo. Así, mediante un sistema de acceso virtual y remoto, un estudiante puede realizar actividades de laboratorio inclusive sentado desde la comodidad de su casa. Uno de los laboratorios en los que más fácilmente se pueden implementar este tipo de actividades son los de Control Automático, ya que gran parte de la tecnología que normalmente ellos disponen son las adecuadas para implementar este tipo de experiencias de aprendizaje semipresencial (B-learning). Una modalidad de este tipo de aprendizaje es la que se ha denominado “formación conjunta” (join learning), que es la que se propone en este trabajo para la formulación de un Macrolaboratorio de Control Automático.

**PALABRAS CLAVES:** Remotización de laboratorios, Formación conjunta, Control Automático, Espacio colaborativo, Ventana virtual.

### **INTRODUCCIÓN**

Una *puerta* es el lugar que vincula dos espacios comunicándolos directamente ya que –al atravesarla- se pasa de uno de los espacios al otro. Por otro lado, una *ventana* produce un vínculo similar entre dos espacios, pero a través de ella sólo se puede “tener una mirada” desde un espacio para saber lo que ocurre en el otro, pero (normalmente) no se puede llegar –a través de ella- desde un espacio al otro. Así, una *ventana virtual* crea una realidad virtual de otro espacio, pudiendo incluso a interactuar en forma remota con dicho espacio y controlar dispositivos automáticamente, sin estar físicamente en él.

El Control Automático es un área transversal para las disciplinas de ingeniería, ya que siempre se necesita tanto diseñar o hacer uso de sistemas que realicen -de forma autónoma- tareas repetitivas y con la mayor precisión posible, desarrollando estos tipos de sistemas. En consecuencia, los Laboratorios de Automatización se utilizan no sólo en carreras en las que el control es un área relevante de su especialidad (Ingenierías Mecatrónica, Mecánica, Electrónica, Química,...) sino en otras que lo requieren como área de conocimiento para su formación profesional saber cómo puede ser aplicado (Ingeniería Industrial, en Alimentos, Informática,...). Dado la alta demanda de estudiantes que acceden a estos laboratorios y el alto costo de los equipamientos que allí se encuentran, es casi imposible que puedan estar dotados de la cantidad de equipos suficiente como para ser utilizados a la vez -de forma eficiente- por todos los estudiantes que requieren usar el laboratorio, y los equipos disponibles normalmente sólo los

pueden utilizar un conjunto reducido de estudiantes. Por tanto, para cursos numerosos, una misma actividad se tiene que trabajar con grupos pequeños y las mismas experiencias deben repetirse varias veces en la semana para que todos los estudiantes puedan realizarlas. Esto hace que prácticamente resulte imposible que haya horas de la jornada académica donde no se estén realizando experiencias de laboratorio. Esta situación imposibilita al resto de los estudiantes que puedan realizar prácticas por su cuenta, en sus tiempos de aprendizaje autónomo, para reforzar los aprendizajes adquiridos.

El desarrollo de ambientes de aprendizaje especializados ha sido materia de estudio desde hace más de dos décadas, acompañando el “hacer” al “saber” (Duarte D., 2003; Espinoza G, 2008; Salinas, 2004). Esta necesidad de crear aprendizaje significativo al validar experimentalmente lo que se aprende en las aulas, ha sido entendido por empresas que se dedican al desarrollo de equipos educacionales, preparando sistemas que puedan ser utilizados fácilmente por el estudiante para realizar distintos tipos de prácticas como parte de las disciplinas de su formación (Calderón-Viema, 2005). Las posibilidades comerciales de equipamiento educacional son variadas, pero su alto costo hace que no sean muchos los equipos que una institución puedan adquirir con estas características. Aun así, cuando sí se dispone de este tipo de equipamiento, normalmente utilizan componentes desarrollados para condiciones de laboratorio y no industriales. Experiencias intermedias se pueden lograr realizando sólo unas pocas prácticas con los equipos que la institución dispone y otras actividades simularlas con instrumentación virtual, mediante programas CAE que incorporan al computador como herramienta de análisis, pudiendo emular procesos y equipos a partir de modelos simulados (Otálora-Arias, Reyes-Herrera, Tobón-Gómez, Velásquez, & López-Botero, 2005; Quintero, Oñate, & Arias de la Hoz, 2011). Así, cuando un estudiante culmina sus estudios y llega a la industria, se encuentra con equipamiento que suele diferir bastante de aquellos que usó durante su formación. Por tanto, cómo resolver el dilema de poder hacer uso del mejor equipamiento disponible, de forma tal que no sólo sirva para lograr un aprendizaje significativo per-se, sino que el espacio en donde se encuentra (ambiente de aprendizaje) apoye este proceso, ha sido un dilema constante por muchos años.

Las actividades que se desarrollan entre grupos de personas experimentan un efecto motivador cuando se realizan dentro de un espacio común, al cual permanentemente entran y sale personas, lo cual intelectualmente significa que dichas actividades no están detenidas sino que están avanzando. Este hecho fue destacado por Donath, al observar cómo desarrollan actividades personas que conforman colectividades (a través de redes o no) y cómo estas actividades se estimulan al compartir espacios físicos como electrónicos o virtuales (Donath, 1994). Por tanto, hoy en día los computadores no sólo son herramientas que facilitan la comunicación entre personas sino que enriquece el ambiente social cuando se trabaja en equipos que conforman redes, ya que a través de ellos no sólo se puede crear una ventana que permite observar la presencia de sus pares sino también las actividades que los vinculan. Este espacio representa una “mirada colaborativa” al grupo de trabajo que, en el colectivo de cada uno, se manifiesta como una colección de imágenes animadas de los participantes del grupo, lo que compromete tanto al que “observa” como al que es “observado”, creando estímulos adicionales que promueven la actividad realizada. Resulta interesante tener en cuenta la reflexión de Whyte en “The social life of small urban spaces. Washington, D.C., Conservation Foundation” (Silverman, 1982), donde indica que lo que más atrae a una persona es otra persona, constituyéndose agentes entre sí que promueven la vida social del espacio urbano que conforman. Así, al establecer un espacio común de trabajo, la presencia de una persona dentro de ese espacio es un signo de que se está avanzando en lo que allí se realiza y, por otra parte, el flujo de personas a través de ese espacio vigoriza la actividad y desincentiva la inmovilidad. Esta es la razón por la cual, cuando se quieren promocionar espacios comunes (plazas, parques,

aulas, casas, etc.) se colocan imágenes con personas para resaltar la presencia de espacios vivos y atraer la atención de los observadores.

El buen diseño de un espacio virtual de trabajo colaborativo no solo sirve como un lugar donde poder realizar las actividades comprometidas sino que se constituye en un lugar de “encuentro” donde se establecen relaciones e interacciones entre personas que se vinculan cognitivamente a través de la voz, pero emocionalmente sólo a través de una mirada casual. Este último aspecto es lo que hoy se lo identifica como “colaboración casual”. Según Sproull & Kiesler, los pensamientos o ideas que surgen en forma casual durante el contacto visual que se produce frente a una máquina de café, hace que este tipo de máquina dispensadora se constituya en una parte altamente esencial y estimuladora de producción del espacio laboral (Sproull & Kiesler, 1991). Por tanto, el desarrollo de un ambiente social no sólo considera el espacio que permite la comunicación directa y el trabajo colaborativo, sino que contribuye al conocimiento de quiénes se encuentran alrededor, la percepción del nivel de actividad del entorno y el acto consiente de quienes contribuyen a cada actividad (Donath, 1994). Donath analiza dos aspectos que ocurren entre quienes comparten un espacio virtual más que uno físico: la “Mirada colaborativa” (a través de imágenes creadas en un computador y que ocupan muy poco ancho de banda, tales como las que se producen en las videoconferencias, y que sirven para indicar quién es el que se encuentra hablando en un determinado momento) y “Quién(es) está(n) allí” (participando, discutiendo o asintiendo lo que se está exponiendo), tal como ocurre en un encuentro real entre personas. Por tanto, un ambiente de interacción (laboral o educacional) bien diseñado debe contribuir a propender estos espacios de encuentro, cuya sola existencia establece una sensación de proximidad y cercanía que hasta puede hacer prescindir del encuentro casual entre quienes cohabitan ese espacio.

El desarrollo de los sistemas de comunicaciones no sólo ha permitido acortar distancias, sino que la adición de imágenes, sistemas de sonido y/o de vibración como parte de las mismas, permiten que el vínculo que se produce active varios de nuestros sentidos (visión, audición y tacto, en este caso), creando una imagen de cercanía virtual entre los participantes, aunque se trate de un espacio virtual. Un ejemplo significativo de ello lo constituyen los sistemas de Realidad Virtual y el cine 3D, que convierten a los participantes en un actor más. Asimismo, los programas computacionales de uso masivo (como procesadores de textos o imágenes y planillas de cálculo) se han ido evolucionando hacia el desarrollo colaborativo al incluir herramientas que permiten “dejar la huella” de quienes los utilizan permitiendo mantener los resultados anteriores (como las herramientas de corrección) o bien poderlos utilizar simultáneamente en ambientes compartidos (como Google Drive, Dropbox, etc.). A esto se suman las aplicaciones que directamente crean espacios de uso común (blocks, wikis, ...) y de redes sociales (Facebook, Twitter, Instagram, ...). El enfoque por competencias exige de los docentes el diseñar y poner en práctica situaciones didácticas que permitan al estudiante aprendizajes relevantes y útiles para su vida (Pimienta Prieto, 2012).

El avance de la tecnología ha permitido no sólo crear espacios virtuales a través de computadores sino también a través de ambientes animados (cabines de vuelo o de manejo) que emulan el espacio real, o sistemas que pueden ser operados en forma remota, logrando poder utilizarlos de forma similar o equivalente a como si se estuviese ante ellos en forma real. En algunos casos, estos sistemas llegan a ser una extensión de los propios miembros de una persona (como podría ser el caso de un robot que realice una intervención quirúrgica teleguiado por un médico especialista, que puede encontrarse a muchos kilómetros de distancia de donde se está realizando la operación, o bien de personas sin experiencia que puedan realizar acciones mediante la guía virtual de un experto).

Si bien es cierto que el análisis y comprensión de un trabajo hecho por alguien (en un pasado mediato o lejano) aporta una mirada diferente al quehacer de otra persona, lo que fomenta su creatividad, se considera que la discusión de ideas, con saberes compartidos, fomenta significativamente la innovación y el desarrollo de nuevas actividades y de nuevo conocimiento. Este tipo de debates es significativo, tanto en el ámbito de la educación como de la investigación, y enriquece su acción.

El acceso remoto a laboratorios, con conexión en línea, permite crear ambientes de aprendizaje, diseñados para ser atractivos y didácticos para quienes los utilizan. Complementan los programas tradicionales de aprendizaje formal, brindando la oportunidad para interactuar con instrumentación "a distancia", a través de una variedad de experiencias de aprendizaje especialmente diseñadas. Adicionalmente, mediante estrategias de autoaprendizaje, ayudar a los estudiantes a estimular el desarrollo de competencias transversales, como el pensamiento crítico y creativo, la autoestima, el trabajo en equipo, el liderazgo y la proactividad, entre otros, además de "vivir" las complejidades asociadas a la solución de problemas reales, donde las instrucciones del docente toman amplia relevancia (Aydognmus & Aydognmus, 2009).

Los laboratorios remotos se definen como cualquier tipo de montaje experimental que sea accesible a través de Internet o, en el caso más limitado, a través de una intranet institucional. El término "a distancia", por tanto, no es equivalente a "distante", sino que simplemente se refiere a que el usuario controla personalmente el experimento (Hanson et al., 2009; Henke, Ostendorff, Wuttke, & Vogel, 2012). Dentro de las potencialidades de los laboratorios remotos se consideran la disponibilidad de acceso 24/7 (en cualquier momento), acercando a los aprendices al manejo de equipos con características industriales, posibilitando que pueda realizar experimentos reales a través de Internet, sin estar directamente en contacto con el sistema experimental (Santana et al., 2012).

El alto costo de los equipos que existen comercialmente para estos laboratorios y la diversidad de experiencias que podrían ser necesario realizar para establecer aprendizajes significativos, hacen que siempre falten equipos para practicar en todos los tópicos de interés. Por otra parte, las limitadas experiencias que sí se pueden realizar (con los equipos con que se cuenta), se hacen pocas veces al año, y gran parte del año los equipos se encuentran sin uso. Por eso, cada vez que se evalúa la compra de un equipo, se tiene en cuenta la relación costo/beneficio, es decir, cuánto cuesta versus cuántas veces se lo va a utilizar, para definir si se justifica o no la compra de un equipo. Otro aspecto a considerar es que los equipos comerciales para Docencia de Control generalmente están constituidos por gran parte de componentes que han sido diseñados para trabajar en ambientes de laboratorio y no en condiciones industriales. Esto provoca que, cuando un ingeniero recién titulado se incorpora a la industria, casi siempre se encuentra con equipos diferentes a los que utilizó en la Universidad, lo que le provoca desconcierto sobre su uso. Este es un aspecto destacable del SENA, en que la mayor parte de los equipos con los que cuenta son de características industriales.

En este trabajo se mostrará los beneficios del trabajo compartido a través de una ventana virtual, tanto en el ámbito de la educación (formación conjunta) como de la investigación (tomando como ejemplo la elaboración de este artículo).

## **FORMACIÓN CONJUNTA**

La remotización de laboratorios es algo que se ha venido implementando, cada vez con más fuerza, en los últimos 10 años, y más específicamente en laboratorios de control automático (Abdulwahed & Nagy, 2011; Calvo, Marcos, Orive, & Sarachaga, 2006; Casini, Garulli,

Giannitrapani, & Vicino, 2010; Costa-Castelló et al., 2010; Grimaldi & Rapuano, 2009; Han & Kwon, 2008; Jara et al., 2009; Pérez, Dormido, & Vlacic, 2011; Salzmann, Gillet, Scott, & Quick, 2008; Vargas et al., 2006). Esto es lógico, ya que en este tipo de laboratorios se cuenta normalmente con la tecnología necesaria para facilitar esta labor, o las modificaciones que se requieran realizar no implican un alto costo. Lo que sí difiere entre una aplicación y otra es la forma como se han empleado estos recursos en un proceso formativo. Lo más común es el llamado B-learning o Aprendizaje Semipresencial (Díaz-Díaz, 2015; Ferreiro, Meléndez, Cao-Paz, Acevedo, & Castro, 2015; Gutiérrez-Santiuste, Gámiz-Sánchez, & Gutiérrez-Pérez, 2015; Pérez Pinal et al., 2016), que puede ser desarrollado con distintas modalidades. Una de ellas es la denominada "Formación Conjunta" (Gutiérrez, Fernández-Fernández, & Mantilla, 2015).

Esta denominación de "tipo de aprendizaje" se estableció después de la realización de un ciclo de 5 cursos internacionales intensivos de supervisión totalmente integrada, entre los años 2005 y 2010, impartidos por el SENA, Regional Valle (Cali, Colombia) con el apoyo de JICA (Japón). El objetivo de estos cursos era desarrollar una formación integral, basada en competencias, en el marco del Control Automático, abordando temas de instrumentación, control y comunicación industrial. Los participantes internacionales de curso eran becados por JICA y requerían pertenecer a instituciones de educación superior de países latinoamericanos, para que después pudieran replicar esas experiencias en sus países. Allí pudo apreciarse la ventaja de poder aprender en el "saber" y en el "hacer", con equipos netamente industriales. Pero, dado que la mayor parte de los participantes no disponían de un equipamiento similar en sus lugares de origen, esta meta fue difícil de cumplir. Como parte del equipamiento tecnológico disponible para el curso, había una planta piloto con la que se podían hacer prácticas de medición y control de nivel, flujo y/o temperatura, ejecutando experiencias que no sólo eran factibles de ser realizadas en forma presencial, sino también en forma remota, como parte de las actividades del curso (Mantilla, Gutiérrez, & Victoria, 2005).

Esta última actividad indicada fue la que dio lugar a la idea que se pudiese crear un espacio de trabajo virtual en torno a esta planta, disponiendo de una cámara IP que pudiese ser operada en forma remota, de manera que se pudiese tener un acceso casual (visual) a cualquier punto de la planta, con una calidad de imagen tal que es posible leer directamente la indicación de los instrumentos, tal como si se estuviese frente a ellos. Por otro lado, toda la instrumentación de la planta se encuentra cableada a un PLC Allan Bradley de última generación (de la línea 5500), que dispone de un módulo de comunicación Ethernet asociado a una IP pública. Esto permite que un usuario pueda conectarse a él en forma remota y configurar sus propias experiencias. El tercer elemento necesario para poder usar este equipamiento de forma racional es una plataforma de gestión de reservas de uso, que fue realizada por los propios instructores y aprendices del SENA, para regular el acceso al sistema. Cuenta con acceso jerarquizado, con un administrador general en la punta de la pirámide, que se coordina con todos los profesores e instructores que quieren ocupar el espacio de trabajo para sus cursos, quien los habilita como instructor a cargo de dicho curso, lo que le permite que pueda inscribir a sus estudiantes en carácter de aprendices. De esta forma, cada estudiante (o grupo de estudiantes), quienes tienen el privilegio de acceso más bajo, cuando quieren realizar una actividad, deben hacer una reserva por un periodo no mayor al establecido por el instructor de la actividad, de acuerdo a su disponibilidad y/o a la del equipo, asegurándose que en ese lapso sólo él(ellos) puede(n) acceder al entorno de trabajo. Después de haber transcurrido el tiempo de trabajo, hayan o no terminado la actividad, si quieren acceder nuevamente, deben solicitar a su profesor guía, o al administrador del sistema, que los autorice. Esto permite al académico no sólo cautelar el acceso sino también hacer un seguimiento de la forma cómo sus estudiantes se han programado para realizar cada actividad, realizando la revisión de las evidencias que considere oportunas antes de habilitarles nuevamente el acceso.

La forma de utilizar esta planta responde a una modalidad de trabajo semipresencial (“blended-learning” o “b-learning”), en que la parte presencial está cubierta por un instructor del SENA que se encuentra en el espacio de trabajo en horarios prefijados y acordados en forma “conjunta” con el profesor del curso que accederá en forma remota, para poder apoyar y explicar a los estudiantes -mediante un sistema de videoconferencia- aspectos de la planta y de la experiencia programada, la que también ha sido definida en forma “conjunta” entre él y el profesor del curso. Por la modalidad de trabajo adoptada, es que ellos denominaron a este tipo de experiencias de “formación conjunta” (Gutiérrez-Marroquín, Fernández-Fernández, & Mantilla-Arenas, 2015). En la Fig. 1 se muestra el espacio de trabajo de la planta piloto disponible en el laboratorio de comunicaciones del SENA-CEAI, mediante la cámara IP allí instalada (Fig. 1a) y una actividad de formación conjunta del módulo Control Avanzado de la Universidad de Talca, donde el instructor del SENA explica -a través de videoconferencia- la forma de operación de la planta (Fig. 1b).



Figura N° 1. Experiencia de Formación Conjunta. (a) Ventana virtual del espacio de trabajo de la planta piloto del SENA-CEAI; (b) Clase de Formación Conjunta con acceso remoto.

Dado que el PLC disponible es de la serie RSLogix 5500, el software utilizado para programarlo es ControlLogix 5000, conectado vía OPC, utilizando la aplicación RSLinx como servidor DDE/OPC (ambos de Rockwell Automation). Mediante esta configuración, el estudiante puede descargar su programa al PLC en forma remota y, una vez cargado, interactuar con el mismo. El servidor DDE/OPC permite también la conexión con otros software en ambiente Windows, pudiendo descargar los datos registrados de la planta a planillas de cálculo o bases de datos (mediante DDE) o vincularlos a otros software de uso educacional como Matlab o LabView (a través de OPC), experiencias que forman parte de las realizadas por los estudiantes. En la Fig. 2a se observa una foto de un estudiante ejecutando una actividad en la planta del SENA, mientras que en la Fig. 2b la imagen que está observando en la pantalla de su computador. De esta forma, puede tomar los datos que indican los instrumentos, tal como si estuviera realmente presente en el laboratorio.

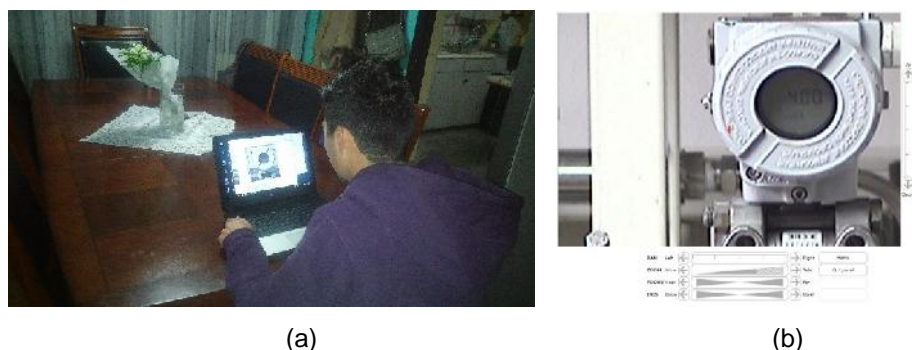


Figura N° 2. Experiencia de Aprendizaje remoto en la planta del SENA. (a) Estudiante realizando una experiencia; (b) instrumento visualizado en su pantalla, del que puede registrar la lectura.

Esto permite que cada estudiante, o grupo de estudiantes, puedan realizar las experiencias programadas a cualquier hora del día, en periodos que hayan previamente reservado. En caso de tratarse de un horario nocturno, a sus programas de PLC le pueden agregar una línea de código adicional que hace que –en modo ejecutable- se enciendan las luces del laboratorio.

Para poder ampliar estas posibilidades de trabajo, es que se está ejecutando un proyecto (se encuentra en su etapa inicial) de Macrolaboratorio de Automatización, en el marco de los proyectos de Ingeniería 2030, que permita replicar experiencias similares a la expuesta entre varios grupos de educación superior. A las dos instituciones ya nombradas (Universidad de Talca y SENA-CEAI Regional Valle) se han agregado las universidades nacionales de la Frontera y del Bio Bio (las que -junto a la U. de TALCA- tienen en consorcio un proyecto de Macrofacultad de Ingeniería) y las extranjeras Nacional de Loja (Ecuador) y Central de las Villas (Cuba). En la Fig. 3 se muestra el ambiente de trabajo que se está creando en la Universidad de Talca para funcionar de manera similar a la expuesta con el SENA, con una planta Festo PCS Compact Workstation, en la que -con presencia real y remota de estudiantes- pueden trabajar en forma colaborativa.

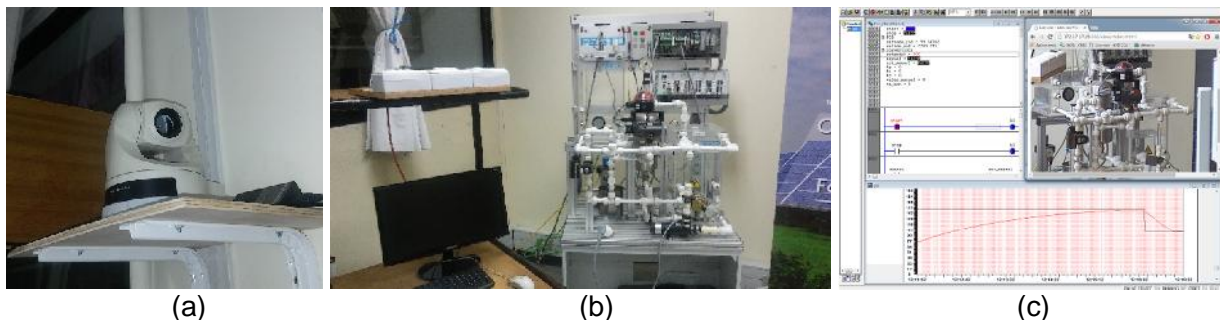


Figura N° 3. Equipamiento de la Universidad de Talca destinado a Formación Conjunta.  
(a) Cámara IP; (b) Planta de procesos; (c) Ejemplo de experiencia remota con uso de la cámara IP.

Por otra parte, se dispone de un relevamiento inicial de los equipos que se podrán acoplar a esta iniciativa de las 3 instituciones asociadas a la Macrofacultad (a través del proyecto “*Plataformas web para implementación de laboratorios remotos y virtuales*”, liderado por la Univ. de la Frontera) y se está haciendo una operatoria similar en la Univ. Nacional de Loja (Ecuador). Por su parte, la Univ. Central de las Villas ya cuenta con una infraestructura que ha venido utilizando por varios años, y actualmente se está implantando en una de las universidades del consorcio (U. Bio Bio-Proyecto IenDU -Investigación en Docencia Universitaria- No. 100 “Sistema de prácticas remotas de control automático en tiempo real para la formación de estudiantes de Ingeniería Civil en Automatización”, mediante el cual se ha traído a un experto de dicha universidad cubana, en el marco del “Taller para el desarrollo de un sistema de prácticas remotas de control automático en tiempo real para la formación de estudiantes de Ingeniería Civil en Automatización”), con la coparticipación presencial de las otras dos Ues del consorcio y la posterior socialización de información con la Univ. Nacional Loja y el SENA-CEAI.

Este trabajo –sin duda- es un aporte para la formación y los aprendizajes de los estudiantes, por los antecedentes que se disponen respecto a la educación virtual, como una forma de educación a distancia en la cual maestros y alumnos están separados en tiempo y espacio y donde el proceso educativo y las experiencias de aprendizajes son mediadas por sistemas gestores de aprendizajes. El currículo necesita involucrar los enfoques pedagógicos para enmarcar su rol particular dentro de la organización educativa, pues tiene como tarea, ni más ni menos, que la

formación de seres humanos competentes para afrontar los desafíos que impone la sociedad del conocimiento donde nos hallamos inmersos. Hoy en día, el estudio en línea se está convirtiendo en una opción accesible para realizar procesos formativos de cualquier índole, en especial para aquellas personas que por su ubicación geográfica o por cuestiones laborales les resulta muy difícil acudir a una institución presencial, además de constituirse en una estrategia educativa basada en la aplicación de tecnologías asociadas al aprendizaje, sin limitación de lugar, tiempo, ocupación o edad de los estudiantes. A continuación, se detallan algunos de los aportes que la metodología propuesta favorece la formación y los aprendizajes de los estudiantes:

- Potencia el aprendizaje independiente y flexible del alumno; en otras palabras, se trata de una metodología que pone énfasis en la individualización del aprendizaje debido a la flexibilidad que la modalidad permite (Pagano, 2007).
- Desarrolla en los estudiantes competencias de aprendizaje colaborativo que, aunque no favorece la cercanía personal, mejora el intercambio de conocimiento (Lacárcel, Núñez, & Lucena, 2015).
- Resalta una adecuada transposición didáctica, lo que requiere del docente una capacitación permanente respecto de enseñanza, aprendizaje y desarrollo para la transformación de los objetos de estudio accesibles para la formación, por lo que los estudiantes se ven favorecidos con abundantes materiales preparados para el uso del Macrolaboratorio.

Se busca establecer una metodología docente para cursos masivos abiertos (MOOC) que cuenten con recursos tales como: Vídeo-Lecciones, Cuestionarios, Tareas, Exámenes, Foros, entre otros, de manera de facilitar el aprendizaje de los estudiantes o participantes de procesos formativos, mediante cursos de capacitación. Como parte del proceso, la propuesta considera la conformación de un equipo técnico que conozca los formatos y herramientas para el diseño y desarrollo de los sistemas de aprendizaje y que atienda las necesidades de la plataforma. Se cuenta con un modelo pedagógico preliminar, con guías para el estudiante y para el tutor que sustenten la metodología de cada curso. Por su parte, el diseño de un curso contiene los siguientes elementos organizados de una forma constante: cada unidad o módulo cuenta con una presentación, objetivos, contenidos, estrategias de aprendizaje, materiales de estudio, actividades para el estudiante (foros, chats, tareas, trabajos grupales, etc.), consignas para el estudiante y criterios de evaluación.

## **VENTANA VIRTUAL**

Dada la naturaleza colaborativa que caracteriza a los proyectos en consorcio de las Ingenierías 2030, en el Proyecto de Rápida Implementación “FMSN-Flexible Mobile Sensor Networks” se decidió crear una “*ventana virtual*”, vinculada a través de un canal dedicado de REUNA, en cada una de las sedes del consorcio. Está compuesta por un computador dedicado con conexión cableada a la red, un Smar-TV de 40” y un sistema de cámara con micrófono incorporado, apuntando hacia el espacio de trabajo común de cada grupo en su universidad respectiva. De esta forma, se han podido hacer reuniones de trabajo con alto dinamismo (tal como se muestra en la Fig. 3) en los casos que se ha requerido, así como poder “compartir con el compañero que se encuentra *virtualmente* a su lado” mientras cada uno trabaja en su parte del proyecto.

Cuando el sistema no se usa para reuniones por videoconferencia, igualmente el canal permanece abierto, comunicando virtualmente los bancos de trabajo donde se realizan los desarrollos vinculados al proyecto. Esto permite consultarse dudas, plantearse desafíos, tomar decisiones en forma conjunta o cualquier otro tipo de determinaciones vinculadas con el desarrollo del proyecto, lo que –sin duda– ha sido un factor clave para el logro de los resultados propuestos.



Figura N° 3. Equipamiento de la Universidad de Talca destinado a Formación Conjunta.  
(arriba) Ventana UTALCA; (abajo-izq.) Ventana UBB; (abajo-der.) Ventana UFRO.

## TRABAJO COLABORATIVO

Para realizar efectivamente este aprendizaje activo de los alumnos mediante el uso de laboratorios remotos en ambientes interinstitucionales, aún quedan varios desafíos. Entre estos, sin duda el más relevante es el establecimiento de una plataforma de trabajo colaborativo, que permita:

- unificar el tipo de actividades pedagógicas que se realizarán en estos laboratorios remotos, de modo que las actividades tengan un periodo de duración definido y resultados de aprendizaje declarados, y que estos sean compartidos por todas las instituciones que participan en este emprendimiento.
- coordinar horarios de acceso para asegurar que los estudiantes de todas las instituciones puedan efectivamente realizar las tareas que se ejecutan en los laboratorios remotos, pues los laboratorios son reales, y se pueden usar uno a la vez por cada grupo (salvo que pueda haber más de una maqueta en la que puedan realizarse las experiencias).
- supervisar las actividades que desarrollan los estudiantes en estos laboratorios remotos. Aunque los equipos que están siendo utilizados en los laboratorios remotos tengan sus elementos de protección, esto no siempre es suficiente. Es por esto que es necesario que alguien esté revisando permanentemente que los sistemas se usen correctamente y que estén operativos y funcionando según especificaciones.
- calificar los procedimientos ejecutados por los estudiantes en los laboratorios remotos. Esto implica que debe existir un docente que revise los procedimientos ejecutados por los estudiantes y califique sus actividades.
- generar material de apoyo complementario a las actividades. El desarrollo de estas actividades en ambientes colaborativos como el propuesto permite el uso de herramientas como foros, wikis, etc., las que deben ser moderadas por uno o varios profesores responsables de las actividades con una mirada interinstitucional.
- integrar el saber, el saber hacer y el saber ser es uno de los objetivos primarios de la educación actual, y esto se puede lograr incluyendo competencias que permitan el desarrollo de los ejes de un proceso educativo integral, que respondan a las necesidades y realidades del entorno en que se desenvuelve el estudiante. Esto implica que las maquetas que se hagan deben estar pensadas para el desarrollo adecuado de las competencias declaradas.
- eliminar el enciclopedismo tradicional de las prácticas educativas al trabajar por competencias. La formación pone énfasis en los resultados del aprendizaje, en el

desarrollo de destrezas y habilidades del saber, del saber ser y saber hacer, del vínculo entre la teoría y la práctica. Esto permite llevar a cabo tareas de diversa índole, de forma tal que los estudiantes sean capaces completar un proceso educativo y luego continuar aprendiendo de forma autónoma a lo largo de su vida.

## **CONCLUSIONES**

En cuanto al proyecto, se espera:

- Mejorar significativamente los problemas de acceso de los estudiantes a los laboratorios de automatización de un grupo de 6 instituciones, al poner a disposición de los estudiantes parte de sus equipos a los que podrán acceder en forma remota, durante las 24 horas del día, ampliando los horarios existentes de atención académica, al hacer un mejor uso de las horas que el estudiante dispone para su formación autónoma y permitir que se puedan conformar grupos de estudiantes de distintas instituciones que puedan trabajar en forma colaborativa.
- Asimismo, las actividades que no requieran ser trabajadas colaborativamente, podrán ser programadas por cada institución en distintos periodos de tiempo, haciendo un uso más eficiente del equipamiento a lo largo del año. Por otro lado, la disponibilidad remota de estos equipos posibilita que sea utilizado con fines de capacitación a la industria, estrechando las brechas que existen entre el capo de la educación y el campo laboral.
- Finalmente, la inclusión del SENA al conglomerado permite poner a disposición equipamiento de características industriales, lo que facilita la comprensión y el conocimiento de este tipo de componentes por parte del alumnado. Adicionalmente, al inscribir los estudiantes como aprendices del SENA, el cumplimiento exitoso de las actividades programadas les hace merecedores de un certificado de capacitación por parte de dicha institución, que les sirve como antecedente para su futura vida profesional.
- Resumiendo, el aporte que permite este tipo de laboratorios se traduce en un uso más eficiente de los recursos disponibles, con menos restricciones de tiempo, horario y lugar, y es la única forma posible y viable de atender una cantidad significativa de estudiantes. Con los laboratorios tradicionales los alumnos acceden a los recursos solo cuando son planificadas las actividades prácticas en el curso.

Por su parte, respecto de los estudiantes, puede decirse que:

- Realizar prácticas de control automático con otras universidades, presentándose la oportunidad de adelantar investigaciones a cada momento, por el intercambio de información.
- Desarrolla la interactividad y mediación constante entre enseñanza-aprendizaje, en el alumno
- Trabajar por competencias ya que se pone énfasis en los resultados de aprendizaje en el desarrollo de destrezas y habilidades en el saber y saber hacer, en la teoría y la práctica, en llevar a cabo tareas diversas de forma adecuada para que sea capaz de, al término de su proceso educativo, continuar aprendiendo de forma autónoma a lo largo de su vida
- Acompaña el proceso pedagógico de los docentes del Macrolaboratorio al fomentar lograr un aprendizaje significativo que den respuesta a preguntas como: ¿Qué voy a enseñar?, ¿Para qué voy a enseñar esto?, ¿Cómo voy a enseñar eso?
- Se consigue que lo real se una con lo simulado, apoyando un proceso integral.
- La estrategia didáctica aplicada se ve reforzada con un apoyo tecnológico más disponible y controlado por el mismo estudiante.

- La evaluación a través de la plataforma no se centra únicamente en un aspecto académico de los cursos, sino que abarca varios indicadores transversales relacionados con didáctica, metodología, gestión y tecnología, que pueden proveer información para mejorar y mantener el ciclo de vida del proceso de aprendizaje.
- Resumiendo, un laboratorio remoto correctamente diseñado y bien realizado permite adquirir las competencias necesarias en los estudiantes tal como se logra en un laboratorio tradicional. No obstante es válido aclarar que siempre debe comenzarse con laboratorios tradicionales donde los estudiantes se familiaricen con el sistema real y conozcan sus conexiones y sólo después orientar los trabajos en laboratorios remotos que les permitan mayor autonomía y disponibilidad de realización.

## AGRADECIMIENTOS

Se agradece a los proyectos FDE-ING2030 “Macrolaboratorio de Formación Conjunta para Sistemas de Control Automático” y al PRI2030 “Dispositivo Flexible de Monitoreo de Productos Agrícolas Basados en Redes de Sensores Móviles (FMSN-Flexible Mobile Sensor Networks)” de cuyo desarrollo se han establecido los resultados de este trabajo.

## REFERENCIAS

- Abdulwahed, M., & Nagy, Z. K. (2011). The TriLab, a novel ICT based triple access mode laboratory education model. *Computers & Education*, 56(1), 262-274. doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.compedu.2010.07.023>
- Aydogmus, Z., & Aydogmus, O. (2009). A Web-Based Remote Access Laboratory Using SCADA. *IEEE Transactions on Education*, 52(1), 126-132. doi: 10.1109/TE.2008.921445
- Calderón-Viema, J. (2005). Laboratorio virtual para la enseñanza de automatización e instrumentación industrial. <http://www.ing.ula.ve/~jesusc/labvid.htm>
- Calvo, I., Marcos, M., Orive, D., & Sarachaga, I. (2006). A methodology based on distributed object-oriented technologies for providing remote access to industrial plants. *Control Engineering Practice*, 14(8), 975-990. doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.conengprac.2005.05.008>
- Casini, M., Garulli, A., Giannitrapani, A., & Vicino, A. (2010). A Matlab-based Remote Lab for Multi-Robot Experiments. *IFAC Proceedings Volumes*, 42(24), 162-167. doi: <http://dx.doi.org/10.3182/20091021-3-JP-2009.00031>
- Costa-Castelló, R., Vallés, M., Jiménez, L. M., Diaz-Guerra, L., Valera, A., & Puerto, R. (2010). Integración de dispositivos físicos en un laboratorio remoto de control mediante diferentes plataformas: Labview, Matlab y C/C++. *Revista Iberoamericana de Automática e Informática Industrial RIAI*, 7(1), 23-34. doi: [http://dx.doi.org/10.1016/S1697-7912\(10\)70005-4](http://dx.doi.org/10.1016/S1697-7912(10)70005-4)
- Diaz-Diaz, I. A. (2015). *Test bed to teach power quality applying the b-learning methodology*. Paper presented at the IECON 2015 - 41st Annual Conference of the IEEE Industrial Electronics Society.
- Donath, J. S. (1994, 15-19 May 1994). *Casual collaboration [visual interface]*. Paper presented at the Multimedia Computing and Systems, 1994., Proceedings of the International Conference on.
- Duarte D., J. (2003). AMBIENTES DE APRENDIZAJE: UNA APROXIMACION CONCEPTUAL. *Estudios pedagógicos (Valdivia)*, 97-113.

- Espinoza G, P. (2008). Ambientes de aprendizaje fundamentados en la cognición en la práctica. *DIDAC-Nueva Época, Boletín del Centro de Didáctica de la Universidad Iberoamericana*, 52, 6-12.
- Ferreiro, A. L., Meléndez, A. A. N., Cao-Paz, A. M., Acevedo, J. M., & Castro, M. (2015). *A B-learning new approach applied to a practical power electronics converters course*. Paper presented at the Proceedings - Frontiers in Education Conference, FIE.
- Grimaldi, D., & Rapuano, S. (2009). Hardware and software to design virtual laboratory for education in instrumentation and measurement. *Measurement*, 42(4), 485-493. doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.measurement.2008.09.003>
- Gutiérrez-Marroquín, W., Fernández-Fernández, M., & Mantilla-Arenas, W. (2015). *Aplicación del Modelo de Formación Conjunta en el Ámbito de la Ingeniería*. Paper presented at the XXVIII Congreso Chileno de Educación en Ingeniería SOCHEDI2015, Copiapó.
- Gutiérrez-Santiuste, E., Gámiz-Sánchez, V. M., & Gutiérrez-Pérez, J. (2015). MOOC & B-learning: Students' barriers and satisfaction in formal and non-formal learning environments. *Journal of Interactive Online Learning*, 13(3), 88-111.
- Gutiérrez, W., Fernández-Fernández, M., & Mantilla, W. (2015). *The Joint Training, a SENA Learning Model for Latin America*. IEEE Latin America Transactions. IEEE.
- Han, S., & Kwon, B. (2008). Remote Experiments for Control Education. *IFAC Proceedings Volumes*, 41(2), 9117-9121. doi: <http://dx.doi.org/10.3182/20080706-5-KR-1001.01539>
- Hanson, B., Culmer, P., Gallagher, J., Page, K., Read, E., Weightman, A., & Levesley, M. (2009). ReLOAD: Real Laboratories Operated at a Distance. *IEEE Transactions on Learning Technologies*, 2(4), 331-341. doi: 10.1109/TLT.2009.35
- Henke, K., Ostendorff, S., Wuttke, H. D., & Vogel, S. (2012, 4-6 July 2012). *A grid concept for reliable, flexible and robust remote engineering laboratories*. Paper presented at the Remote Engineering and Virtual Instrumentation (REV), 2012 9th International Conference on.
- Jara, C. A., Candelas, F. A., Torres, F., Dormido, S., Esquembre, F., & Reinoso, O. (2009). Real-time collaboration of virtual laboratories through the Internet. *Computers & Education*, 52(1), 126-140. doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.compedu.2008.07.007>
- Lacárcel, A. C., Núñez, J. A. L., & Lucena, M. A. H. (2015). Analysis of Quality Models Applied in Non-Formal Education: Non-Governmental Organizations and Nonprofit Organizations. *Open Journal of Social Sciences*, 3, 86-96.
- Mantilla, W., Gutiérrez, W., & Victoria, C. (2005). [Diseño e implementación de una planta didáctica para la Formación Remota en Control de Procesos].
- Otálora-Arias, J. A., Reyes-Herrera, L., Tobón-Gómez, J. E., Velásquez, A., & López-Botero, J. H. (2005). Aplicación de labview como instrumento virtual en mediciones de campo magnético (gaussímetro). *Revista de la Sociedad Colombiana de Física*, 37(1), 195-198.
- Pagano, C. M. (2007). Los tutores en la educación a distancia. Un aporte teórico. *Revista de Universidad y Sociedad del Conocimiento*, 4(2), 1-11.
- Pérez, J., Dormido, S., & Vlacic, L. (2011). Enhancing student learning: On-line interactive laboratory for modelling of real world control system applications. *IFAC*

- Proceedings Volumes*, 44(1), 7268-7273. doi:  
<http://dx.doi.org/10.3182/20110828-6-IT-1002.00235>
- Perez Pinal, F., Nava, S., Nunez Perez, J., Araujo Vargas, I., Vera Cardenas, E., & Barranco Gutierrez, A. (2016). Experimental B-learning laboratory for an electrical machines undergraduate course. *IEEE Latin America Transactions*, 14(2), 524-529. doi: 10.1109/TLA.2016.7437188
- Pimienta Prieto, J. H. (2012). *Estrategias de enseñanza-aprendizaje: docencia universitaria basada en competencias*. Mexico: Pearson Educación.
- Quintero, C. G., Oñate, J. A., & Arias de la Hoz, H. (2011) Instrumentación electrónica aplicada. Prácticas de laboratorio. Ediciones: U. del Norte Editorial. Bogotá, Colombia.
- Salinas, J. (2004). Innovación docente y uso de las TIC en la enseñanza universitaria. *RUSC. Universities and Knowledge Society Journal*, 1(1), 1-16.  
<http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=78011256001>
- Salzmann, C., Gillet, D., Scott, P., & Quick, K. (2008). Remote lab: online support and awareness analysis. *IFAC Proceedings Volumes*, 41(2), 8135-8140. doi:  
<http://dx.doi.org/10.3182/20080706-5-KR-1001.01374>
- Santana, I., Hern, L., x00E, ndez, Ferre, M., Pinto, E., & Cogollor, J. M. (2012, 17-20 April 2012). *Analysis of a thermal system through remote laboratories*. Paper presented at the Global Engineering Education Conference (EDUCON), 2012 IEEE.
- Silverman, W. (1982). *The Social Life of Small Urban Spaces* William H. Whyte, Washington, DC: The Conservation Foundation, 1980. 125 pp. \$9.50 (paper) and 16mm color film, 55 minutes, 2 reels, sound. \$750.00 (purchase), \$75.00 (rental). New York: The Municipal Arts Society, 1980. *Journal of Contemporary Ethnography*, 10(4), 466-468. doi: 10.1177/089124168201000411
- Sproull, L., & Kiesler, S. (1991). *Connections: New Ways of Working in the Networked Organization*. Cambridge, MA: MIT Press.
- Vargas, H., Sánchez, J., Dormido, S., Farias, G., Duro, N., Dormido-Canto, R., . . . Esquembre, F. (2006). WEB-BASED LEARNING RESOURCES FOR VOCATIONAL TRAINING FOR AUTOMATION TECHNICIANS. *IFAC Proceedings Volumes*, 39(6), 141-146. doi: <http://dx.doi.org/10.3182/20060621-3-ES-2905.00026>