

EXPERIENCIAS CON LABORATORIO REMOTO EN QUÍMICA GENERAL

Cristian Bernoco¹; Marcela Rodríguez²; Ramiro De Coninck³

¹Universidad Tecnológica Nacional, Facultad Regional Mendoza, Departamento de Electrónica/ cbernoco@gmail.com.

¹Universidad Tecnológica Nacional, Facultad Regional Mendoza, Departamento de Ciencias Básicas/ marcela.rodriguez.aghem@gmail.com.

¹Universidad Tecnológica Nacional, Facultad Regional Mendoza, Departamento de Sistemas de Información / ramirodeconinck@gmail.com.

Resumen: Este trabajo es una propuesta de diseño de un Laboratorio Remoto de Química General en la UTN Facultad Regional Mendoza. Se determinará el punto de fusión de una sustancia química, de forma remota, a través de la web. Se accederá de forma remota a la interfaz del equipo. El acceso será individual, en tiempo real. El experimento consiste en determinar el punto de fusión de una sustancia, que está colocada en un tubo de vidrio. En el interior del tubo hay una sonda PT 1000 para medir la temperatura de la sustancia. El tubo está a su vez sumergido en un baño de agua. Se activa de forma remota la resistencia eléctrica del calentador del baño, se mide la temperatura y se instala una cámara para visualizar la experiencia. Al ingresar el estudiante a través de la web, observa la sustancia de estudio en la fase sólida y al activar la resistencia eléctrica se inicia el calentamiento remoto del baño. Durante el experimento se registran los valores de temperatura indicados por el sensor. Observará que la muestra se irá transformando en un líquido cuando llegue a la temperatura de fusión. Medirá el rango de temperaturas en que se funde la sustancia. El sistema posee un termostato lógico deteniendo el calentamiento al alcanzar una temperatura levemente superior a la del punto de fusión de la sustancia. El proceso es reversible, se enfriará y el compuesto volverá al estado sólido. El objetivo de este trabajo es que los estudiantes de ingeniería de la UTN Facultad Regional Mendoza se familiaricen con el control remoto de procesos.

Palabras claves: Laboratorio Remoto, Fusión, Química.

INTRODUCCIÓN

Se presenta una propuesta de diseño de un Laboratorio Remoto, en forma interdisciplinaria con las áreas química, electrónica y sistemas. Consiste en la determinación del punto de fusión de una sustancia, se

manipula el equipo, se observa el experimento y se analizan los datos experimentales a través de la web.

Los laboratorios remotos consisten en laboratorios reales accesibles a distancia en tiempo real. El equipamiento para realizar el experimento real está en un lugar físico específico. El laboratorio remoto, además del equipo propio de un laboratorio real, cuenta con un sistema hardware y software que permite a los estudiantes acceder al mismo a través de la web, observando el experimento y controlando las variables de forma remota (Marianetti, 2006). La idea de acceder a prácticas de formación experimental en forma remota comenzó a tomar forma a nivel mundial y en la Argentina hace algunos años (Caputo, 2021). En línea con el objetivo de consolidar un modelo de aprendizaje centrado en el estudiante (Consejo Federal de Decanos de Ingeniería, 2018), los laboratorios remotos fueron adquiriendo cada vez más importancia. Hacia fines de 2018, el tema fue tratado en el seno del Comité Ejecutivo del Consejo Federal de Decanos de Ingeniería de la República Argentina (CONFEDI) y, por su relevancia estratégica, ocupó por primera vez una sección permanente de la Revista Argentina de Ingeniería (RADI), en su número 13, de mayo de 2019 (Caputo, 2021). Estuvo claro casi desde el comienzo que el formato tenía que ser el de una red colaborativa con nodos ubicados en las unidades académicas que tuvieran capacidad para implementar alguna práctica que pudiera resultar accesible vía internet para el resto de los posibles usuarios de la red. Esto implica en sí mismo una innovación que no tiene precedentes, ya que la gran mayoría de las casas de estudio dedicadas a la Ingeniería, tanto de gestión pública como privada, acordaron trabajar en forma colaborativa poniendo en común sus recursos, sus ideas y su experiencia. La idea del “Laboratorio Nodo” especializado en algún tipo específico de actividad de formación experimental se basa en la optimización de los recursos y recoge la experiencia de cada unidad académica. De esta forma, se evita que todos los centros educativos repliquen idénticas prácticas y que cada uno se aboque a aquellas donde presenta mayores fortalezas y pueda volcar con mayor éxito su capital humano y sus recursos económicos (Caputo, 2021).

El proyecto se denominó Red Argentina Colaborativa de Laboratorios de Acceso Remoto, CONFEDI R-Lab, y se presentó el día 9 de octubre de 2020 a la Secretaría de Políticas Universitarias. La propuesta original estuvo basada en la creación de una red nacional colaborativa de laboratorios universitarios didácticos de acceso remoto vía web. En primera instancia, la morfología de la red respondería a una

organización por nodos que funcionarán en cada una de las unidades académicas miembro, las cuales ofrecerán experiencias prácticas de formación experimental al resto de los integrantes de la red. Actualmente la Red Argentina Colaborativa de Laboratorios de Acceso Remoto, CONFEDI R-Lab, está en las Etapas 4 y 5: puesta en marcha de la red e internacionalización de la experiencia, basada en la creación de una red nacional colaborativa de laboratorios universitarios didácticos de acceso remoto vía web (Caputo, 2021).

La implementación del uso de los Laboratorios Remotos en carreras de grado de Ingeniería en formación por Competencias, es fundamental para afianzar los conceptos adquiridos en el aula y el autoaprendizaje. El Laboratorio Remoto puede convertirse en una herramienta didáctica en la formación y adquisición de competencias. El estudiante tiene que acceder en forma remota a los equipos instalados en un laboratorio universitario para operarlos e interactuar con ellos en actividades formativas, contextualizar el experimento, estructurar el conocimiento para usarlo en ese contexto, desarrollar procesos de razonamiento y destrezas de aprendizaje autodirigido en nuevos contextos, observar y controlar el desarrollo del experimento en su dispositivo de conexión en tiempo real, obtener resultados y sacar conclusiones (Marianetti, 2006)

En este contexto, en la Facultad Regional Mendoza, Universidad Tecnológica Nacional, estamos desarrollando una experiencia de Laboratorio Remoto para determinar el Punto de Fusión de sustancias puras e impuras (LRPF), instalando un nodo en el Laboratorio de Química de nuestra facultad. Existen ya varias experiencias de laboratorios remotos en Argentina de áreas como Electrónica y Física, pero es difícil instrumentar experimentos de química por la demanda constante de reactivos en el caso de una reacción química. Poder desarrollar una experiencia en el área representa un enorme desafío.

Una experiencia típica de laboratorio de las asignaturas Química General, Química Orgánica y Fisicoquímica es la determinación del punto de fusión de sustancias puras y mezclas. El punto de fusión de una sustancia es la temperatura a la cual la fase sólida de la misma pasa a la fase líquida a la presión atmosférica. Durante el proceso de cambio de estado de una sustancia pura, la temperatura se mantiene constante, puesto que todo el calor se emplea en el proceso de fusión. Por esta razón, el punto de fusión de las sustancias puras es definido y reproducible, y puede ser utilizado para la identificación de un producto si dicho producto ha sido previamente descrito.

El entorno didáctico para llevar a cabo esta experiencia de forma remota requiere de variados recursos tecnológicos. En la arquitectura de un laboratorio remoto se necesitan herramientas de gestión, de apoyo didáctico, así como también hace falta hardware y software que permita el acceso remoto interactivo a los componentes y dispositivos del laboratorio físico (Marianetti, 2006). Los dispositivos de control con servicios de Internet embebidos presentan características interesantes para la implementación de un laboratorio remoto (Tobar, Taffernaberry, & Pérez Monte, 2021), ya que permiten la integración de las funciones más importantes que necesita un sistema digital para lograr la interacción con el medio exterior mediante la adquisición de datos, la toma de decisiones y la actuación sobre elementos de control que modifiquen las condiciones de su entorno. Los entornos con acceso remoto son de gran interés y elevada demanda porque este tipo de sistemas, sobre todo si permiten interactuar con recursos reales, hacen posible realmente “traer el laboratorio a casa”, ya que si el laboratorio remoto está bien construido se puede experimentar con una computadora conectada a Internet en cualquier hora del día, cualquier día del año (Marianetti, 2006).

Las experiencias remotas no sustituyen las prácticas presenciales, ya que éstas difícilmente pueden ser suplantadas, pero para quienes deseen añadir un plus empírico a su educación, o quienes se ven limitados por cuestiones temporales o geográficas, esta alternativa puede ser conveniente y accesible económicamente. La utilización de estas tecnologías familiariza a los estudiantes con formatos que ya están en la industria. Otra justificación importante es que pueden acceder a equipamiento y tecnología que no siempre están disponibles en las distintas unidades académicas (Marianetti, 2006).

DESARROLLO

El punto de fusión normal es la temperatura a la cual un sólido pasa a líquido a la presión atmosférica. Durante el proceso de fusión de una sustancia pura, la temperatura se mantiene constante puesto que todo el calor se emplea para vencer las fuerzas de atracción entre las partículas que constituyen el sólido, a fin de que entren en la fase líquida. Por esto, el punto de fusión de una sustancia pura es definido y reproducible, y es una propiedad física que puede ser utilizada para caracterizarla o identificarla, si esta ha sido previamente conocida y descrita (Dupont Durst, 1985).

Todo cambio de fase va acompañado por un cambio en la energía del sistema. La energía requerida para producir esta transformación se denomina calor latente. A la diferencia entre las temperaturas a la cual empieza la fusión (temperatura cuando aparece la primera gotita de líquido) y finaliza la fusión (temperatura a la cual la masa cristalina termina de fundir), se la conoce como rango de fusión. En una sustancia pura el cambio de estado es generalmente muy rápido, por lo que el rango de fusión es pequeño (generalmente menor de 1°C). En cambio, si hay impurezas, estas provocan que el punto de fusión disminuya y el intervalo de fusión se amplíe (mayor de 3°C). El punto de fusión de sólidos es una propiedad que puede ser determinada con facilidad, rapidez y con una precisión de 0,1°C. Es una de las constantes físicas más usadas para la identificación de una sustancia pura o como criterio para determinar su pureza (Dupont Durst, 1985).

La práctica se puede realizar introduciendo la muestra sólida cuyo punto de fusión se va a determinar en un tubo de vidrio con un sensor de temperatura, sumergiendo el tubo en un baño con un fluido de transferencia térmica y calentando lentamente el baño.

El estudiante reconoce visualmente el cambio de fase para determinar el punto de fusión de la muestra. Deberá observarse la temperatura a la cual el compuesto empieza a fundir (punto de colapso, la sustancia es mayormente sólida y contiene solo una pequeña cantidad de material fundido) y aquella al final de la fusión (punto de claridad, cuando no queda nada de sustancia sólida). Estos valores se anotan como el intervalo del punto de fusión.

Para convertir esa experiencia en un laboratorio remoto LRPF se coloca la muestra a analizar en un tubo de vidrio, con un sensor de temperatura, sumergido en un baño con un fluido de transferencia. El equipo propuesto consiste en un agitador magnético con calentamiento, un vaso de precipitados para colocar el líquido del baño, un tubo para la muestra, un sensor de temperatura PT-1000, una cámara tipo IP, orientada hacia el tubo para la observación del sólido y el cambio de fase, una computadora tipo Raspberry Pi y un servidor web.

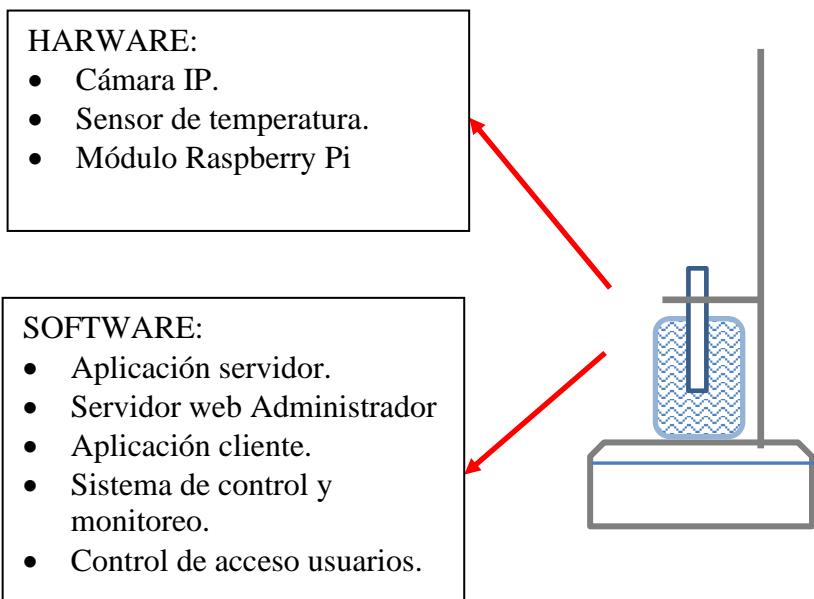
Se propone armar una red compuesta por el computador servidor, sensor y cámara IP; la interacción de estos elementos permite el control y monitorización remota del LRPF. El software está constituido por una aplicación embebida para controlar los sensores y el experimento, un Servidor Web, a través del cual los usuarios accederán al laboratorio

remoto y una aplicación Cliente que permite controlar, monitorizar el sistema, y visualizar el proceso en tiempo real a través de la cámara IP.

El sistema de gestión del LRPF, se basa en el Remote Lab Admin del Laboratorio Remoto de Sistemas Embebidos, desarrollado por el Departamento de Ingeniería Electrónica de la FRM y puesto a disposición de los laboratorios remotos de la facultad. Consta de módulos de: Gestión de Reservas, Asignación de Recursos, Acceso Remoto, Servidor de Archivos y Servidor de Videos. En la Figura 1 se muestra la “arquitectura” del LRPF:

Figura 1

Esquema del Laboratorio Remoto Punto de fusión



Los requerimientos básicos de un sistema de laboratorio remoto deben ser (Marianetti, 2006):

- Instalación y operación simples: el entorno debe tener los medios necesarios para que no se requiera la presencia de un tutor con demasiada frecuencia.
- Acceso a través de Internet: en lo posible, la única herramienta necesaria para experimentar debe ser un navegador de Internet.
- Sin costo: el único costo para el usuario debe ser el acceso a Internet.
- Interactividad y realismo: las respuestas del entorno deben promover el interés y la motivación en el aprendizaje del estudiante.

El uso de estos entornos también presenta desventajas. Algunas de ellas son que no hay contacto físico con el experimento. La inevitable separación espacial reduce la sensación de realismo de la práctica. Por este motivo es importante la correcta utilización de material multimedia que aumente la sensación de presencia, de modo que el estudiante perciba los efectos y resultados de sus acciones sobre los componentes reales del laboratorio (Marianetti, 2006).

No todas las experiencias se pueden implementar en la modalidad remota, por las características intrínsecas de los elementos que requieren las mismas. Por ejemplo, experiencias de laboratorio en asignaturas como Química donde las actividades involucran manipulación de elementos de difícil operación remota, la estabilidad e imprevisibilidad en el vínculo entre usuario y servidor, factor que depende de la calidad del servicio del enlace, como el cambio de concepción en el aprendizaje. Siempre que se adoptan nuevas metodologías es necesaria la predisposición de los actores que intervienen en su aplicación.

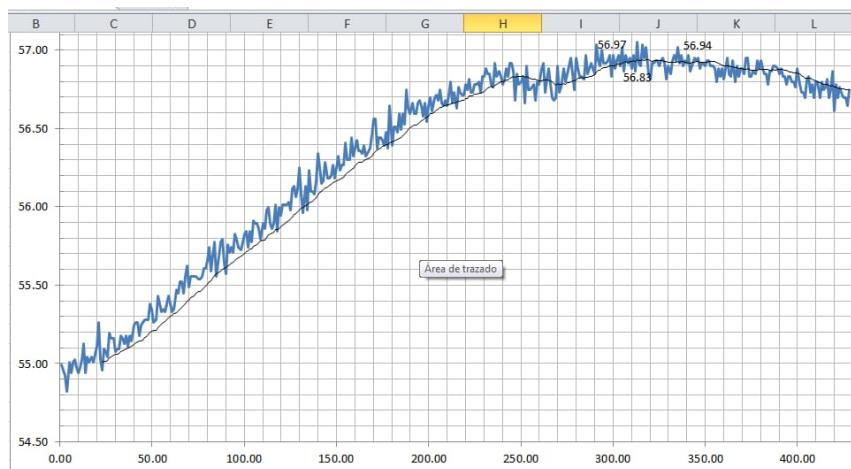
Se ha avanzado en la calibración y medición del punto de fusión del alcohol cetílico con el sensor PT 1000, con un circuito amplificador de la señal, el módulo Raspberry Pi genera una tabla de datos temperatura-tiempo, temperatura – resistencia, observables desde la web, mientras se puede ir viendo por cámaras IP el cambio de fase (de sólido blanco a líquido incoloro) todo en tiempo real. Queda aún avanzar en el diseño de la página web para que el experimento pueda ser utilizado.

En la Figura 2 se muestra las determinaciones realizadas por la sonda PT1000, en abscisas se muestra el tiempo en segundos y en ordenadas

la temperatura, se observa cómo se mantiene la temperatura aproximadamente constante cuando se llega al punto de fusión.

Figura 2

Gráfico de tiempo y temperatura en base a las mediciones con la sonda PT1000.



CONCLUSIONES

Los Laboratorios Remotos son recursos tecnológicos que integran software y hardware para configurar una experiencia real a la que se accede de manera remota a través de Internet. El estudiante puede utilizar el Laboratorio Remoto para realizar actividades de laboratorio similares a las de un Laboratorio Tradicional, con la diferencia de que las realiza a distancia.

Cabe mencionar también, que el uso de Laboratorios Remotos no sólo tiene interés desde el punto de vista de adquisición de las competencias específicas de las asignaturas, sino que además capacitan a los alumnos en competencias genéricas de egreso comunes a todas las carreras de ingeniería como son el uso de las TIC o aprender en forma continua y autónoma. Además, los Laboratorios Remotos organizados en Red constituyen una herramienta inclusiva al permitir a estudiantes de distintas universidades del país acceder a prácticas experimentales,

sin las limitaciones que impone la presencialidad y la pertenencia a una u otra institución.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo se enmarca en el proyecto de remotización de CONFEDI R-LAB. Los autores desean hacer constar su agradecimiento a la Secretaría de Políticas Universitarias del Ministerio de Educación, SPU, como entidad financiadora del proyecto. Asimismo, los autores agradecen a las autoridades de la Facultad Regional Mendoza de la Universidad Tecnológica Nacional por el apoyo para la puesta en marcha de esta propuesta de acceso remoto a laboratorios.

REFERENCIAS

- Caputo, D. C. (2021). Laboratorios de acceso remoto innovando en educación superior. *Revista Argentina de Ingeniería* 17, 15–17. <https://confedi.org.ar/wp-content/uploads/2021/05/RADI17-final-1.pdf>
- Dupont Durst, H. (1985). *Química orgánica experimental* (M. Maulleón Casellas Trans). Editorial Reverté S. A. (Trabajo original publicado en 1980).
- Consejo Federal de Decanos de Ingeniería (2018). *Propuesta de estándares de segunda generación para la acreditación de carreras de ingeniería en la República Argentina. “Libro Rojo de CONFEDI”*. R. Giordano Lerena & S. Cirimelo, Eds. https://confedi.org.ar/download/documentos_confedi/LIBRO-ROJO-DE-CONFEDI-Estandares-de-Segunda-Generacion-para-Ingenieria-2018-VFPublicada.pdf
- Marianetti, O. (2006). *Laboratorios remotos, un aporte para su diseño y gestión*. [Tesis de maestría, Universidad de Mendoza]. <https://um.edu.ar/ingenieria/tesis-de-posgrado/>
- Tobar, S., Taffernaberry, C., Pérez Monte, C. (2021). Laboratorio Remoto de Sistemas Embebidos - Manual del Usuario. En S. Tobar, C. Taffernaberry & C. Pérez Monte (Comp.), *Técnicas Digitales II/III*. Universidad Tecnológica Nacional – Facultad Regional Mendoza.

* * * * *