



IMPLEMENTACIÓN DE TIC COMO COMPLEMENTO PARA LAS PRÁCTICAS EN LA ASIGNATURA DE CORROSIÓN

Luisa Fernanda Maldonado Zaldúa, Myriam Lizeth Niño Joya, Diego Alberto Medina Grateron, Johan Steve Estévez Torres, Sergio Ismael Blanco Vásquez

**Universidad Industrial de Santander
Bucaramanga, Colombia**

Resumen

A nivel nacional el Ministerio de Educación está apostando en la implementación de herramientas tecnológicas que mejoren el desarrollo de la educación en nuestro país mediante ayudas didácticas que optimicen el proceso de enseñanza-aprendizaje haciéndolo más activo y fácil de entender, motivando a los estudiantes a vivir un aprendizaje eficaz. Ahora, a nivel de educación superior la Universidad Industrial de Santander cuenta con el Semillero "Síntesis y evaluación de recubrimientos protectores contra la corrosión" perteneciente al Grupo de Investigación en Corrosión (GIC) donde se está coordinando la adaptación a los nuevos retos de enseñanza en corrosión a nivel teórico-práctico para estudiantes de Ingeniería Metalúrgica. En cuanto al laboratorio se diseñaron 7 prácticas nuevas que permitan a los estudiantes enfrentarse a la cotidianidad de un ingeniero en el mundo real, tales como: ensayos electroquímicos y de campos normalizados, y evaluación de recubrimientos. Además, se está desarrollando la implementación de herramientas TIC para guiar a los estudiantes con: el uso de equipos (tutoriales de los montajes experimentales y el manejo del software), herramientas informativas que permita ver la importancia de los materiales y las técnicas usadas en cada práctica, asimismo implementar un sistema de evaluación en línea.

Palabras clave: corrosión; prácticas; TIC; educación; enseñanza-aprendizaje

Abstract

At national level the Ministry of Education is encouraging the implementation of technological tools with the aim of improving the education in our country, through different teaching strategies that optimize Teaching-learning process. It will support the teaching process by making it more active and easy to understand, and students will be more motivated to learn and get effective learning. The Industrial University of Santander has a hotbed of research called "Synthesis and Evaluation of Coating Protectors against Corrosion" that belong to the Corrosion research group (GIC). The research group is organizing the implementation of new teaching challenges in corrosion subject at the theoretical-practical level for students of Metallurgical Engineering. In regards to the Laboratory, seven new practices were designed that allow students to simulate and face the daily life of an engineer, such as electrochemical and standard field tests and evaluation of coatings. In addition, the group is developing and implementing ICT tools with the aim to guide students in the use of equipment (tutorials of experimental tests and software management), information tools that allow to understand the importance of materials and techniques used in each practice, and the Implementation of an online evaluation system.

Keywords: corrosion; practice; ICT; education; teaching-learning

1. Introducción

En el año 1954 se creó la carrera de Ingeniería Metalúrgica en la Universidad Industrial de Santander, con el objetivo de formar profesionales interesados en metalurgia extractiva y adaptativa donde se incluyen temas como: minería, siderurgia, metalmecánica, entre otras. Posteriormente se incluyó en el pensum la asignatura de corrosión incluyendo las prácticas de laboratorio como complemento para los estudiantes en esta área del conocimiento; Sin embargo 62 años más tarde se seguían realizando las mismas prácticas desarrolladas inicialmente. Por consiguiente, se vio la necesidad de modificarlas, pues con el paso de los años la industria ha evolucionado y los procedimientos usados también, siendo así elemental la modernización de las prácticas del laboratorio en la asignatura de corrosión para ampliar el conocimiento de los estudiantes y darles una visión realista de lo que está sucediendo en la actualidad. Además, formar ingenieros mucho más completos capaces de solucionar problemas con los cuales seguramente como profesionales se verán enfrentados.

Considerando los retos actuales de los ingenieros metalúrgicos se plantea elaborar nuevas prácticas de laboratorio que cumplan los parámetros establecidos, tales como mostrar al estudiante procesos industriales actualmente usados, su función principal, igualmente estudiar diferentes materiales de interés ingenieril en cada una de las prácticas y analizar cómo la corrosión les afecta. En el proceso de modernización de las prácticas también se plantea evolucionar educativamente implementando herramientas tecnológicas e informáticas (TIC) que complementarán simultáneamente el conocimiento de los estudiantes, pues las metodologías educativas se han

transformado con el paso de los años y no solo el contenido de la asignatura progresó si no también el proceso de enseñanza-aprendizaje. [1]

2. Metodología

El trabajo se desarrolló en 8 fases consecutivas como se observa en la figura 1, las cuales incluyeron el análisis de la situación real, el desarrollo de las herramientas de enseñanza-aprendizaje y su implementación con estudiantes de la asignatura de corrosión de la Escuela de Ingeniería Metalúrgica en la Universidad Industrial de Santander.



Figura 1. Diagrama de flujo de los pasos realizados en en desarrollo de la metodología.

Inicialmente se realizó una encuesta a estudiantes que cursaron la asignatura de corrosión, con el fin de obtener respuestas de su apreciación sobre los procesos de

enseñanza-aprendizaje en la asignatura. También evaluar en cuanto a satisfacción, calidad y cantidad los conocimientos adquiridos mediante las prácticas de laboratorio antes de ser modificadas.

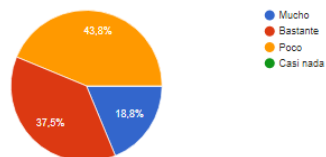
Seguidamente se estudió bibliográficamente el contenido de cada una de las prácticas, los procesos electroquímicos usados para evaluar diversas variables de corrosión en los materiales con dichas pruebas. Luego se diseñaron y realizaron todas y cada una de las prácticas nuevas para verificar que los resultados obtenidos eran los esperados, y cuáles variables eran de interés para la realización de los ensayos. Finalmente se elaboró la guía de laboratorio en la cual se especifican cada práctica, los objetivos, los materiales y equipos usados, el procedimiento y teoría base para el posterior desarrollo de la práctica.

En cuanto a la implementación de herramientas tecnológicas e informáticas (TIC) se realizó preliminarmente el diseño de una página web para la compilación de todo el contenido práctico. Consecutivamente se seleccionó la información que se quería mostrar en la página y la debida distribución de cómo se presentaría el contenido. Además, se evaluaron las presentaciones elaboradas para la página y finalmente se realizó el montaje de las diferentes herramientas en la página web.

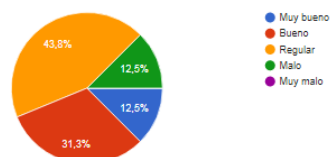
3. Resultados

En la encuesta realizada a los estudiantes y varios ex alumnos recién egresados de la Escuela de Ingeniería Metalúrgica los cuales habían cursado la asignatura de corrosión se observó claramente que en cuanto a la parte práctica de la materia se encontraban inconformes tanto con la metodología en cómo se desarrollaban las prácticas, la evaluación de ellas y los conocimientos que no fueron adquiridos para ser usados a largo plazo, si no que fueron memorizados temporalmente mediante la realización de las prácticas. En la figura 2 se ve la distribución de las respuestas de los estudiantes y egresados encuestados, las preguntas se enfocan en la evaluación del aprendizaje obtenido, el método de evaluación, la metodología utilizada y la percepción del estudiante con el laboratorio y su vida profesional. El 44% de los estudiantes recuerda haber aprendido poco en las prácticas de corrosión y un 50% de las respuestas evidencian que la metodología utilizada es regular, se obtuvo que el 56% de los encuestados afirman que las prácticas les permitieron adquirir pocas destrezas para aplicar en su vida profesional, el cual es un resultado bastante significativo.

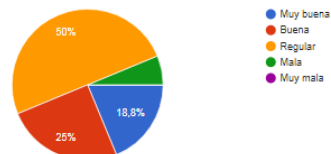
¿Cuanto recuerda usted haber aprendido del contenido en el laboratorio de corrosión?
16 respuestas



¿Cómo le parecía el método de evaluación empleado en el laboratorio de corrosión?
16 respuestas



¿Cómo le parecía la metodología usada en el laboratorio de corrosión?
16 respuestas



Considera usted que el laboratorio le permitió adquirir destreza para su vida profesional o desempeño laboral?
16 respuestas

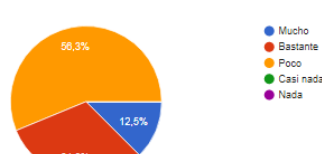


Figura 2. Resultados de las encuestas aplicadas a los estudiantes y egresados de la Escuela de Ingeniería Metalúrgica durante el periodo 2005-2016

Este panorama llevó a la necesidad de crear unas prácticas nuevas que estén acordes con los procesos industriales usados actualmente, que llenen las expectativas de los estudiantes, y les permitan observar cómo trabaja un ingeniero en la cotidianeidad.

Seguido al planteamiento del problema que resultó de las encuestas y después de realizar un exhaustivo estudio bibliográfico basado en la investigación de Universidades a nivel mundial entre las que se pueden encontrar: la Universidad de Manchester y la Universidad Nacional de Ingeniería de Lima, entre otras, en donde se dicta la asignatura de corrosión con componente práctico; Se estudiaron los ensayos que allí se realizan y los procedimientos desarrollados. [2][3][4]

A continuación, se seleccionó el contenido de cada una de las prácticas y el diseño de ellas basados en normas internacionales de los procesos más usados industrialmente. Se eligieron y diseñaron 7 prácticas diferentes que incluyen técnicas físicas, químicas y electroquímicas de evaluación de distintos materiales o procesos corrosivos; Las prácticas se adecuaron de la siguiente manera:

- Corrosión del aluminio por reacciones de desplazamiento. [4]
- Estabilidad de distintos materiales en diversos medios, mediante pruebas de inmersión. [5]
- Curvas de polarización en aceros al carbono. [6]
- Curvas de polarización en aceros inoxidables. [7]
- Electrodeposición por celda Hull. [8]
- Espectroscopia de impedancia electroquímica en diversos metales, con y sin recubrimiento. [9]
- Resistividad de suelos. [10]

Una vez seleccionadas las prácticas se realizaron pruebas piloto de cada una de estas para definir los parámetros experimentales tales como lo son: concentración del

electrolito, preparación de las probetas y del electrolito, temperatura, montaje de las celdas, ubicación de los electrodos, y en cuanto a los ensayos electroquímicos la velocidad de barrido, límites de potencial, rangos de frecuencia y amplitud de las oscilaciones entre otras. Adicionalmente se comprobó su reproducibilidad y se estimó el tiempo necesario por los estudiantes para su realización. Posteriormente se evaluó la viabilidad de la realización de las prácticas tomando como población de prueba a los estudiantes miembros del semillero "Síntesis y evaluación de recubrimientos protectores contra la corrosión".

Se analizaron los resultados obtenidos en cada práctica con el propósito de lograr los resultados esperados, se ajustaron los parámetros experimentales con el fin de permitir que los estudiantes puedan concluir de manera satisfactoria la práctica en el tiempo previsto el cual fue de dos horas. Tomando como ejemplo la primera práctica "Corrosión del aluminio por reacciones de desplazamiento" se hace referencia a la corrosión de la dicha lámina al ser sumergida en una solución rica en iones de cobre, al estar en contacto el aluminio con los iones de cobre ocurre la reacción de oxidación del aluminio y la de reducción del cobre, en donde al estar presentes el aluminio metálico y los iones de cobre ocurre la oxidación debido a la diferencia de potencial que existe entre estos. Adicionalmente al agregar gel de agar al electrolito se puede ver cómo ocurre el progreso de la reacción en función del tiempo, entonces esto permite mediante una práctica sencilla que los estudiantes aprendan sobre reacciones electroquímicas, principios termodinámicos y tengan una idea cualitativa de la cinética o velocidad de la corrosión. Igualmente, durante la realización de las prácticas los estudiantes doblan las láminas de aluminio de diferentes maneras lo cual permite entender la influencia de la forma y posición de la lámina en la formación de los productos de corrosión y el transporte de las especies en solución.

Finalmente, esta etapa de la investigación culminó con la elaboración de la guía del laboratorio en la cual están definidas cada prueba, una introducción a cada práctica, los materiales y equipos necesarios para desarrollarla, el procedimiento a tener en cuenta y las bases teóricas necesarias preliminares a la realización de los ensayos.

En cuanto a la implementación de TIC como complemento de las prácticas de laboratorio se elaboró inicialmente unos videos introductorios los cuales cuentan como contenido inicial una breve reseña histórica acerca de la industria específica que se va a tratar, entre las industrias de interés que se van a presentar se tienen: aeronáutica, petrolera, de alimentos, procesos de transporte y automotriz, para cada tipo de industria se presentan los materiales y tipos de aleaciones más usados, además los más frecuentes fenómenos de corrosión encontrados allí. Dichos videos fueron elaborados totalmente con contenido propio gráfico y de audio. Y se ubicaron en la parte correspondiente a la práctica que se asignaba según la industria. Se recopilaron todas las prácticas, explicadas cada una por separado, con los procedimientos claramente diagramados e ilustrados con fotos con cada uno de los pasos separados mediante la utilización de banner en donde la transición puede ser automática y/o manual. Se especifica cada uno de los materiales y los equipos empleados en la práctica. El objetivo general de la realización de la prueba y anexo en formato PDF con fácil acceso a la guía del laboratorio según corresponda, tal y como se puede ver en la figura 3.

Además, se crearon y diseñaron unos formularios como se muestran en la figura 4 los cuales cumplían la función de pre informe en donde se redactaron cinco preguntas a los estudiantes, quienes deben contestarlas preliminar al desarrollo de las prácticas en los cuales se evaluaban aspectos teóricos necesarios para un buen desempeño durante la prueba del laboratorio, se encuentran preguntas acerca de las normas en las que se basan las pruebas, y conceptos teóricos claves vistos en clases.

Para concluir en la página web que se creó un inicio general de las prácticas mostrado en la figura 5, en donde se encuentran las recomendaciones a tener en cuenta cuando se realiza una práctica, lo que se debe y no hacer en el laboratorio. Se ilustraron los implementos de seguridad de uso obligatorio dentro del laboratorio para asegurar un desarrollo de prácticas con mayores garantías. Anexo se encuentra un archivo en formato PDF el cual los estudiantes y visitantes de la página tienen acceso, en donde se muestran todos los parámetros para ser tenidos en cuenta a la hora de la realización del informe final en cada práctica, con ejemplo claro siguiendo las secciones determinadas en un artículo científico (Título, autores, resumen, introducción, procedimiento experimental, resultados y discusiones, conclusiones y referencias bibliográficas).



"El aprendizaje nunca agota la mente"

Leonardo Davinci.

APRENDIENDO ELECTROQUÍMICA

INICIO

TEORÍA

PRÁCTICAS

SOFTWARE

CREDITOS

PRÁCTICA NO 1.

CORROSIÓN DEL ALUMINIO POR REACCIONES DE DESPLAZAMIENTO

MATERIALES Y EQUIPOS

- Agar gel soco
- Agua Destilada
- Sulfato de Cobre Pentahidratado ($\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$)
- Cloruro de Cobre (CuCl_2) / Cloruro de Sodio (NaCl)
- Papel Aluminio
- Celda Petri
- Plancha de Calentamiento
- Balanza y Cronómetro digital
- Pinzas
- Vasos de precipitado de 250 [mL]
- Estereoscopio (Opcional), o cámara de celular Smartphone
- Elementos de seguridad personal: (Bata, guantes de nitrilo, tapa bocas)

TEMAS DE CONSULTA

- ¿Qué es una reacción anódica y catódica?
- ¿Cuáles son los componentes necesarios para que ocurra un proceso corrosivo?
- ¿Qué es una reacción de desplazamiento?



Objetivo

Estudiar la corrosión del aluminio en reacciones de desplazamiento en presencia de iones de metales más nobles.

PROCEDIMIENTO

» Tomar una fotografía en el estereoscopio cada 5 [min] hasta completar 40 [min].

< >

NOTA

En caso de no contar con un estereoscopio para la práctica, se puede utilizar un Smartphone.

REFERENCIAS

- Jara Pérez, David; Materiales Aeronáuticos, Apuntes de Arquitectura y mantenimiento de aeronaves, EUITA. [En Línea]; [Disponible en: <http://www.sandglasspatrol.com/11GM-12ododhigh/Materiales%20Aeronauticos.htm>].
- Interempresas, Metalmeccánica, Materiales metálicos de uso frecuente en aeronáutica: aleaciones ligeras Al-Li. [En Línea]; [Disponible en: <http://www.interempresas.net/MetalMecanica/Articulos/101138-Materiales-metalicos-de-uso-frecuente-en-aeronautica-aleaciones-ligeras-Al-Li.htm>].
- Interempresas, Reciclaje y Gestión de Residuos, Recuperación de metales con la máxima pureza. [En Línea]; [Disponible en: <http://www.interempresas.net/Reciclaje/Articulos/100855-Recuperacion-de-metales-con-la-maxima-pureza.html>].
- Bettelheim, F. A.; Landesberg, J. M. Laboratory Experiments for General, Organic and biochemistry, 6 ed; Thomson Brooks
- Spacht, R. B. The corrosion Resistance of Aluminum and Its Alloys. Journal of Chemical Education, 1946, 23, 253-257.
- Vernon, A. A. Treatment of Aluminum for corrosion prevention. Journal of Chemical Education, 1949, 26, 147-148.
- Iivemato, I.; Saitou, K. Visual Observation of Dissolution of Copper Ions from a Copper Electrode. Journal of Chemical Education, 2013, 90, 763-764.
- Continental, Steel & Tube Company, Metales Utilizados en la Industria Aeroespacial. [En Línea]; [Disponible en: <http://latinamerica.continentalsteel.com/metales-utilizados-en-la-industria-aeroespacial>].

Figura 3. Presentación práctica I en la página web.

The image shows two screenshots of a web-based laboratory practice form. The left screenshot is the initial form with a title 'Laboratorio de corrosión. Práctica VI. ESPECTROSCOPIA DE IMPEDANCIA ELECTROQUÍMICA EN DIVERSOS METALES CON Y SIN RECUBRIMIENTO.' It includes a brief introduction, a 'Required' section with fields for 'Email address' and 'Nombre completo', and a 'NEXT' button. The right screenshot shows a multiple-choice question: 'Como se obtienen las unidades de la magnitudes de impedancia?' with four options. Below it is another question: 'Cuales son los formatos que se utilizan para representar los diagramas de impedancia.' with three options. Both questions are worth 1 point each.

Figura 4. Imagen de los formularios elaborados.



Figura 5. Pantalla general de las prácticas en la página web.

4. Referencias

- [1] UNESCO. Las TIC en la Educación. Consultado el 8 de marzo de 2017 en: <http://www.unesco.org/new/es/unesco/themes/icts/>
- [2] The University of Manchester, United Kingdom, Undergraduate, MEng Materials Science and Engineering with Corrosión. Consultado el 20 de febrero de 2017 en: <http://www.manchester.ac.uk/study/undergraduate/courses/2017/O9899/meng-materials-science-and-engineering-with-corrosion/course-details/#course-profile>.
- [3] Universidad Nacional de Ingeniería, Lima, Perú; Escuela de Geología, e Ingeniería de Minas y Metalúrgica, Programa de Ingeniería Metalúrgica, Corrosión y Degradación de Materiales. Consultado el 20 de febrero de 2017 en: <https://drive.google.com/file/d/OB7XlyAbXzIzINmg3bTlyUUYxZO0k/view?usp=sharing>
- [4] Xu, X; Wu, M; Wang, X; Yang, Y; Shi, X; Wang, G. (2016). Experimenting with a Visible Copper–Aluminum Displacement Reaction in Agar Gel and Observing Copper Crystal Growth Patterns to Engage Student Interest and Inquiry. Journal Of Chemical Education. 93.
- [5] “Standard Practice for Laboratory Immersion Corrosion Testing of Metals”, ASTM Designation G31-72, ASTM Subcommittee G01.05 on Laboratory Corrosion Tests. 1999. Consultado el 20 de febrero de 2017 en: <https://www.astm.org/Standards/G31.htm>
- [6] “Standard Practice for Conventions Applicable to Electrochemical Measurements in Corrosion Testing”, ASTM Designation G3-89, ASTM Subcommittee E01.11 on Electrochemical Measurements in Corrosion Testing. 1999. Citando el 20 de febrero de 2017 en: <https://www.astm.org/Standards/G3.htm>
- [7] “Standard Reference Test Method for Making Potentiostatic and Potentiodynamic Anodic Polarization Measurements”, ASTM Designation G5-94, ASTM Subcommittee G01.11 on Electrochemical Measurements in corrosion Testing, Mayo, 1994. Consultado el 20 de febrero de 2017 en: <https://www.astm.org/Standards/G5.htm>
- [8] “Standard Terminology Relating to Electroplating”, ASTM Committee B08 on Metallic and Inorganic Coatings and, ASTM Designation B374-06, ASTM Subcommittee B08.01 on Ancillary Activities. Abril, 2011. Consultado el 20 de febrero de 2017 en: <https://www.astm.org/Standards/B374.htm>
- [9] “Guide for Measuring Earth Resistivity, Ground Impedance and Earth Surface Potentials of a Ground System”, ISBN: 978-0-7381-8028-1. Diciembre, 2012.
- [10] Silvia, Y. Mediciones de la resistividad del suelo para diseños de sistemas de puesta a tierra. Junio, 2016. Consultado el 20 de febrero de 2017 en: https://issuu.com/yanmirsilva8/docs/la_resistividad_del_suelo_1

Sobre los autores

- **Luisa Fernanda Maldonado Zaldúa:** Ingeniera Metalúrgica. UIS con énfasis en el desarrollo de soluciones TIC.
- **Myriam Lizeth Niño Joya:** Ingeniera Metalúrgica. UIS con énfasis en el desarrollo de soluciones TIC.
- **Diego Alberto Medina Grateron:** Ingeniero Metalúrgico. UIS

- **Johan Steve Estévez Torres:** Ingeniero Metalúrgico. UIS
- **Sergio Ismael Blanco Vásquez:** Ingeniero Metalúrgico con énfasis de desarrollo en soluciones. Doctor en ingeniería. Profesor de Ingeniería Metalúrgica UIS.

Los puntos de vista expresados en este artículo no reflejan necesariamente la opinión de la Asociación Colombiana de Facultades de Ingeniería.

Copyright © 2017 Asociación Colombiana de Facultades de Ingeniería (ACOFI)