

**Implementación de TIC como complemento del proceso de enseñanza/aprendizaje en la
asignatura de corrosión correspondiente a la Escuela de Ingeniería Metalúrgica y Ciencia
de Materiales**

Luisa Fernanda Maldonado Zaldúa, Myriam Lizeth Niño Joya

Trabajo de Grado para optar al título de Ingeniero Metalúrgico

Director

Ph.D. Sergio Ismael Blanco Vásquez

Doctor en Ingeniería

Universidad Industrial de Santander

Facultad de Ingenierías Físicoquímicas

Escuela de Ingeniería Metalúrgica y Ciencia de Materiales

Bucaramanga

2017

Dedicatoria

A Dios por regalarme personas y oportunidades maravillosas a lo largo del camino.

A mis padres y hermanos por el esfuerzo y apoyo durante mi carrera.

A mi familia por los buenos momentos y palabras de aliento.

A mi compañero de vida por su paciencia, amor y apoyo incondicional.

A mi compañera de proyecto, por hacer este trabajo ameno y de mutuo aprendizaje.

Luisa Fernanda Maldonado Zaldúa.

A Dios quien ha sido mi guía y me concedió el milagro más grande de vida, Ana Sofía.

A mis padres por su cariño, sus enseñanzas, su paciencia, sus sacrificios

sus consejos y su apoyo sincero bajo cualquier circunstancia.

A mis hermanas por todo su amor, cariño, tolerancia, respeto y por esas palabras que me animaron y me ayudaron a seguir adelante en los momentos que lo necesité.

A mi familia por su incondicional apoyo, cariño y consejos brindados.

A luisa mi amiga y compañera de proyecto, por su total apoyo y especialmente por escucharme y animarme durante una de las etapas más difíciles de mi vida.

A Mayrita una gran amiga, por ayudarme en cada una de las dificultades que se me presentaron durante mi carrera y animarme a continuar sin importar los obstáculos.

Myriam Lizeth Niño Joya.

Agradecimientos

Agradecemos especialmente al Dr. Sergio Ismael Blanco Vásquez, director del proyecto de grado por la confianza depositada en nosotras durante el transcurso del proyecto, su dedicación y compromiso fundamentales en la culminación de este.

Agradecemos cordialmente al semillero de investigación “Síntesis y evaluación de recubrimientos contra la corrosión” por permitirnos formar parte de él, y trabajar en conjunto por el desarrollo del proyecto.

Contenido

	Pág.
Introducción	12
1. Antecedentes	14
1.1 Equilibrio electroquímico	16
1.2 Fundamentos Electroquímicos.....	16
1.3 Velocidad de corrosión	17
1.4 Técnicas Electroquímicas	18
2. Objetivos	20
2.1 Objetivo General.....	20
2.2 Objetivos Específicos.....	20
3. Metodología experimental	21
4. Resultados y Discusión	24
4.1 Sección teoría.....	25
4.1.1. Principios termodinámicos.....	26
4.1.2 Principios electroquímicos]	27
4.1.3 Principios cinéticos.	28
4.2 Sección prácticas.....	30
4.3 Sección Software	35
5. Conclusiones	36
6. Recomendaciones	37
Citas Bibliográficas.....	38
Referencias Bibliográficas	41
Apéndices.....	43

Lista de Figuras

	Pág.
<i>Figura 1.</i> Diseño de la metodología de trabajo.....	23
<i>Figura 2.</i> Plataforma web, tema uno (Principios termodinámicos).....	27
<i>Figura 3.</i> Plataforma web, tema dos (Principios electroquímicos).	28
<i>Figura 4.</i> GIF Evolución del hidrógeno	29
<i>Figura 5.</i> Ecuación de Butler-Volmer	30
<i>Figura 6.</i> Pantalla general de las prácticas en la página web	31
<i>Figura 7.</i> Presentación práctica 1 en la página web.	33
<i>Figura 8.</i> Formularios elaborados para el desarrollo previo a cada práctica.....	34

Lista de Apéndices

	Pág.
Apéndice A. Encuestas realizadas a egresados de la Escuela de Ingeniería Metalúrgica en el periodo 2005 - 2016	43
Apéndice B. Página de inicio del canal de YouTube en donde se encuentran todos los videos incorporados en la página web.....	50
Apéndice C. Inicio de la página web diseñada para la incorporación de todas las herramientas TIC creadas.	51

Resumen

Título: Implementación de TIC como complemento del proceso de enseñanza/aprendizaje en la asignatura de corrosión correspondiente a la escuela de ingeniería metalúrgica y ciencia de materiales*

Autores: Niño Joya Myriam Lizeth y Maldonado Zaldúa Luisa Fernanda**

Palabras Claves: Procesos de corrosión, TIC, Enseñanza-Aprendizaje, corrosión, e-Learning

Descripción:

Las tecnologías de información y comunicación (TIC) se han convertido en un tema fundamental en el área de educación, llevando al desarrollo de diversas investigaciones sobre la viabilidad de la adaptación y apropiación de TIC en nuestro país. La escuela de Ingeniería Metalúrgica de la Universidad Industrial de Santander cuenta con la asignatura de corrosión que es de gran importancia a nivel profesional para el ingeniero metalúrgico en donde el proceso de enseñanza aprendizaje durante los últimos años se ha venido realizando de manera tradicional. En base a esto, se decidió implementar las tecnologías de información y comunicación (TIC) con el fin de complementar el proceso de enseñanza aprendizaje de dicha asignatura, en soporte a las clases teóricas y prácticas del laboratorio, brindando al estudiante una alternativa didáctica y atractiva para aprender los distintos conceptos relacionados con la asignatura. La realización de todo esto se llevó a cabo mediante la selección de los contenidos teórico-prácticos que permitan al estudiante alcanzar las competencias propuestas dentro del marco de la asignatura y por medio de la organización y diagramación de distintas herramientas TIC tales como videos tutoriales, videos introductorios, Gif, Banner, galerías 3D, y formularios reunidos en una página web. Todo el desarrollo de este proyecto se realizó con el fin de brindar al estudiante un fácil acceso y una mejor comprensión sobre los temas que se abarcan dentro del transcurso de la asignatura.

* Proyecto de Grado

** Facultad de Ingenierías Físicoquímicas. Escuela de Ingeniería Metalúrgica y Ciencia de Materiales. Director: Dr. Sergio Ismael Blanco Vásquez Doctor en Ingeniería

Abstract

Title: Implementation of ICT as a complement to the teaching / learning process in the corrosion course corresponding to the faculty of Metallurgical Engineering and Materials science*.

Authors: Niño Joya Myriam Lizeth y Maldonado Zaldúa Luisa Fernanda**

Keywords: ICTs, teaching-learning, corrosion, e-Learning

Description

The information and communication technologies have become an essential subject in the education field, which have led to develop different research about the viability of adaptation and acquisition of ICTs in Colombia. The faculty of Metallurgical Engineering of the Industrial University of Santander offers a course in corrosion that is of great importance at a professional level for the metallurgical engineer where the process of teaching learning has been taught in a traditional way during the last years. According to this, it was decided to implement the information and communication technologies (ICTs) in order to complement the learning process in the corrosion course, providing the student a didactic and attractive alternative to learn the different concepts related to the subject. This process was carried out by means of the selection of the contents that allow the student to reach the proposed competences within the framework of the subject and through the organization and layout of the different ICTs tools including tutorial videos, introductory videos, Gif, Banner, and forms gathered in a web page. All the development of this work was carried out in order to provide the student an easy access and a better understanding of the topics covered throughout the course.

* Project of grade

** Faculty of Physicochemical Engineering. School of Metallurgical Engineering and Materials Science. Director: Dr. Sergio Ismael Blanco Vásquez. Doctor en Engineering

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 y metalmecánica, entre otros. Así mismo se incorporó en el pensum la asignatura de corrosión incluyendo las prácticas de laboratorio como complemento para los estudiantes en esta área del conocimiento. Esta asignatura se ha venido enseñando durante años de la manera tradicional y 62 años más tarde se seguían realizando las mismas prácticas de laboratorio desarrolladas inicialmente. La complejidad e importancia a nivel profesional de la asignatura corrosión, hacen que surja la necesidad de implementar una estrategia novedosa y propicia de aprendizaje que mejore la manera de entendimiento y permita al estudiante tener un mayor interés por los temas a tratar.

Considerando los retos actuales de los ingenieros metalúrgicos, en el periodo 2016-2017 se implementan nuevas prácticas de laboratorio que cumplen los parámetros establecidos, tales como mostrar al estudiante procesos industriales actualmente usados, su función principal, estudiar diferentes materiales de interés ingenieril en cada una de las prácticas y analizar cómo la corrosión les afecta. Debido a la evolución del proceso enseñanza aprendizaje, se busca implementar el uso de herramientas TIC con el fin de complementar esta transformación en el área de corrosión.

Las tecnologías de información y comunicación se han convertido en una eficaz herramienta para integrar los procesos de enseñanza-aprendizaje, siendo estas, una alternativa innovadora para la enseñanza de múltiples temas y asignaturas. Teniendo en cuenta que no basta conocer acerca

del uso de las TIC, si no son empleadas de la manera adecuada, surge este proyecto con el fin de poder brindar a los estudiantes una forma más atractiva para el entendimiento y el dominio de todos los conceptos relacionados con la asignatura.

Con base en esto se desarrolló una página web que permite complementar el proceso enseñanza aprendizaje mediante la agrupación de distintas herramientas TIC que aporten al estudiante una forma didáctica de entender los conceptos relacionados con los principios teóricos y las prácticas de laboratorio brindando un fácil acceso y uso para la comunidad en general.

1. Antecedentes

El uso de la tecnología, información y comunicación es indispensable en todos los aspectos cotidianos. Los avances tecnológicos han dado paso al uso de mecanismos didácticos que facilitan y mejoran el proceso de enseñanza/aprendizaje, Integrando diversos métodos de enseñanza y haciendo más atractiva la idea de adquirir conocimientos. Aprovechando el boom tecnológico, surgen nuevas ideas para variar los distintos métodos de enseñanza y es por esto que los institutos educativos empiezan a realizar investigaciones que permitan la posible implementación de TIC en la educación.

Inicialmente en el Centro Universitario de Ciencias Exactas e Ingenierías de la Universidad de Guadalajara, se llevó a cabo un trabajo docente en donde se implementó material didáctico, juegos y videos educativos para la enseñanza/aprendizaje de química orgánica y de esta manera evaluar el rendimiento de los estudiantes después del uso de tecnologías de información y comunicación. Este estudio se realizó los primeros nueve semestres entre los ciclos 2008 a 2013, durante los cuales se seleccionaron cuidadosamente las herramientas didácticas y se involucraron en las clases mediante diversos dispositivos. Finalmente, los resultados obtenidos fueron bastante óptimos pues según el rendimiento académico de los estudiantes, se pudo concluir que el uso de TIC permite una mejor comprensión de los conceptos y constituye una herramienta pedagógica de gran utilidad para la enseñanza-aprendizaje. [1]

En el año 2013, el instituto de estadística de la UNESCO, realizó un análisis regional de la integración de las TIC en la educación y de la aptitud digital en América Latina y el Caribe, en

donde resaltó la importancia de ampliar el acceso, eliminar la exclusión y mejorar la calidad de la educación. Gracias a las encuestas realizadas a 38 países que alcanzaron una tasa de respuesta de 93%, se encontró que la mayoría de países estaban preparados para implementar estrategias TIC en la educación con condiciones favorables. [2]

En el año de 2014 en la Facultad de Ingeniería Mecánica y Eléctrica de la Universidad Autónoma de Nuevo León, México los estudiantes María Bautista, Aldo Ramírez y Reynaldo Hiracheta realizaron un estudio acerca del uso de material didáctico y TIC para mejorar el alcance académico, en el cual evaluaron el proceso enseñanza/aprendizaje con el uso de herramientas didácticas y como fué la influencia en la implementación de dicho método, además de cómo elegir adecuadamente el material didáctico para este tipo de proyectos y ayudar al proceso de enseñanza/aprendizaje. Finalmente encuentran la importancia del uso de las herramientas TIC en la educación y las ventajas que traen para los aprendices en cuanto al mejoramiento académico y el gran impacto que traería la aceptación total de TIC a todas las instituciones académicas. [3]

El diario el Ancasti de Catamarca, Argentina, publicó el 21 de marzo de 2017, una investigación educativa elaborada por Fernando Ortiz y Maisa Krenz donde desarrollaron un estudio sobre el uso de la tecnología para lograr un mejor aprendizaje en determinados temas. Para evaluar ésto, trabajaron con dos cursos de segundo año de secundaria y dividieron los estudiantes enseñándoles a un grupo de la manera tradicional y al otro grupo mediante la utilización de un software instalado en las netbook. Después de realizar la enseñanza de un tema específico, se realizó una evaluación igual para los dos grupos y pudieron concluir que el grupo que usó las computadoras tenía respuestas más completas y se veía que había mejor entendimiento de los términos y conceptos explicados por el profesor. [4]

Considerando la importancia de la asignatura corrosión para la vida profesional del ingeniero metalúrgico, es importante que los estudiantes aprendan conocimientos elementales relacionados con los fundamentos teóricos acerca de principios electroquímicos, termodinámicos y cinéticos. Adicionalmente los estudiantes deben conocer técnicas electroquímicas, las cuales son esenciales para el estudio y la evaluación de la corrosión, por tanto, un breve resumen de los temas para abarcar son los nombrados a continuación.

1.1 Equilibrio electroquímico

Ocurre cuando dos fases con diferentes potenciales electroquímicos se encuentran en una condición en la cual dicha diferencia no debe existir, pues el ideal es alcanzar un equilibrio de potencial en todo el sistema. Una herramienta muy importante que nos ayuda a entender el comportamiento de los fenómenos en que se presenta la corrosión son los diferentes modelos acerca de doble capa eléctrica, propuesta por los físicos: Helmholtz, Gouy y Chapman, Stern y finalmente Grahame. [5]

1.2 Fundamentos Electroquímicos

- **Reacciones Electroquímicas:** en los procesos de corrosión se presentan reacciones electroquímicas que dependen del equilibrio que forme el metal con las especies presentes en el medio. En todo proceso corrosivo están implicadas reacciones anódicas y catódicas. Cuando se habla un proceso corrosivo la reacción anódica involucra el metal de interés, el

cual se está disolviendo o corroyendo. Y la reacción catódica puede involucrar las diferentes especies en solución, como el oxígeno disuelto, los protones o iones metálicos. [6]

- **Doble Capa Eléctrica:** es la interfase entre la solución y el metal, en donde existe una distribución de iones presentes en la solución para compensar la carga superficial del metal.

[7]

1.3 Velocidad de corrosión

El control de la velocidad de corrosión es un punto fundamental para el ingeniero, pues a nivel industrial mitigar la corrosión juega un papel muy importante en todos los sentidos. Dicha velocidad de corrosión puede estar limitada de dos maneras: Cuando la velocidad de la reacción es menor a la velocidad del transporte de las especies de la solución a la superficie del electrodo, se dice que hay un control cinético. Mientras que cuando la velocidad de la reacción es mayor a la velocidad en que se transportan los reactivos hasta la superficie del electrodo, se dice que hay un control por transporte.

- **Cinética de la corrosión:** hay varios factores que afectan la velocidad de proceso corrosivo, cuando está dado por un control cinético, entre los que se pueden nombrar: la densidad de corriente de intercambio, el número de electrones involucrados en las reacciones electroquímicas y el sobrepotencial aplicado. Un aumento en cada uno de estos, implicaría un incremento en la velocidad de corrosión. La relación que tiene la corriente de corrosión con cada uno de los factores experimentales esta dada por la ecuación de Butler-Volmer.

[8]

- **Control por transporte:** Cuando el proceso corrosivo se encuentra limitado por el movimiento de las especies en la solución se dice que está controlado por transporte y se encuentra definido por la ecuación de Nernst-Plank. Esta ecuación describe el flujo total de materia que va a depender del flujo por difusión, por migración y por convección, donde la fuerza motriz para el movimiento por difusión es la diferencia de concentración en diferentes zonas del medio electrolítico. El flujo por migración que solamente afecta el movimiento de las especies cargadas ocurre cuando se presenta una diferencia de potencial eléctrico entre los electrodos y finalmente el flujo convectivo depende del movimiento general del medio, el cual puede ocurrir de manera natural como las mareas en los océanos o de manera forzada cuando existe algún mecanismo de agitación artificial. [9]

Cada uno de los conceptos definidos anteriormente, son elementales para entender los fenómenos que ocurren en un proceso corrosivo. Sin embargo mitigar la corrosión es el mayor desafío, por consiguiente se investiga arduamente el comportamiento de la velocidad de corrosión, y esta información se obtiene a partir de diversas técnicas electroquímicas tales como:

1.4 Técnicas Electroquímicas

- **Medición del Potencial a Circuito Abierto:** (OCP, por sus siglas en ingles, Open Circuit Potential) se busca evaluar el potencial natural que alcanza un electrodo en cierta solución. Con esta medición se quiere calcular el potencial de equilibrio de la superficie del electrodo con las especies en solución. [10]
- **Medición de la Resistencia a la Polarización:** Partiendo del potencial a circuito abierto (OCP) se realiza una variación del potencial del electrodo con el cual se mide la densidad

de corriente, y allí se obtiene una curva en donde se calcula la pendiente, la cual es proporcional a la resistencia de polarización del material. [11]

- **Curvas de Polarización:** Las curvas de polarización nos permiten determinar el grado de susceptibilidad a la corrosión de un material en una solución. Partiendo del potencial a circuito abierto (OCP) se fija un potencial 300 mV más negativos y se hace un barrido de potencial a una velocidad determinada en sentido positivo, hasta un potencial 300 mV más positivos del OCP. Obteniendo así una gráfica con rama anódica y catódica en donde a partir de estas curvas se calculan las pendientes de Tafel y de su intersección se determina la E_{corr} e I_{corr} . De estas curvas se puede determinar la velocidad de corrosión, el número de electrones involucrados en las reacciones electroquímicas, y el tipo de control de los procesos anódicos y catódicos. [12]
- **Impedancia Electroquímica:** esta técnica electroquímica conocida como EIS por sus siglas en inglés (Electrochemical Impedance Spectroscopy), después de determinar el potencial a circuito abierto (OCP) se aplica una perturbación del potencial en un amplio rango de frecuencias empezando desde las frecuencias más altas, hasta las más bajas. Para cada frecuencia se mide la corriente y se calcula la impedancia asociada, tanto al componente real como al componente imaginario, y estos a su vez se pueden relacionar con las resistencias y capacitancias presentes en el sistema electroquímico. La representación común de estos experimentos se realiza mediante diagramas de Nyquist o Diagramas de Bode. [13]

2. Objetivos

2.1 Objetivo General

Implementar TIC para el complemento del proceso enseñanza/aprendizaje en la asignatura de corrosión correspondiente al programa de ingeniería metalúrgica.

2.2 Objetivos Específicos

El cumplimiento del objetivo general del trabajo de grado comprende:

- Realizar presentaciones mediante herramientas TIC de fundamentos teóricos que complementen el proceso de enseñanza/aprendizaje.
- Crear videos introductorios de las prácticas del laboratorio que enseñen la importancia del estudio de la corrosión en diferentes sistemas.
- Elaborar herramientas de evaluación de los conocimientos necesarios previos a cada una de las prácticas del laboratorio de corrosión.
- Diseñar tutoriales de los tipos de software usados en los ensayos electroquímicos de interés en las prácticas del laboratorio de corrosión.

3. Metodología experimental

La metodología utilizada durante el desarrollo del proyecto de grado anteriormente mencionado se resume de manera esquemática en la Fig. 1. Se inició con una revisión bibliográfica, en donde el primer paso fue la búsqueda de información de implementación de TIC con fines educativos en carreras de ingeniería y los resultados que se han obtenido en algunas instituciones las cuales han implementado estas estrategias didácticas. Seguidamente se desarrolló una encuesta que contenía 12 preguntas de selección múltiple y una pregunta abierta con el objetivo de conocer la percepción de los estudiantes frente a la metodología empleada, métodos de evaluación y el conocimiento adquirido durante el estudio de la asignatura corrosión. Luego de tabular los datos obtenidos en las encuestas se determinaron ciertos factores a reforzar en cuanto a la metodología y las competencias a alcanzar durante el curso de la asignatura corrosión. Todo esto permitió llevar a cabo la selección de la información necesaria para las diferentes herramientas y la preparación adecuada del contenido.

Con el objetivo de agrupar todas las herramientas TIC disponibles y seleccionadas para el montaje de los contenidos de la asignatura, se desarrolló una página web por medio del portal Wix, que permitió organizar y ofrecer a los estudiantes todos los contenidos en un solo lugar.

En seguida se procedió a la realización de las presentaciones mediante diversas aplicaciones informáticas con los fundamentos teóricos elementales y complementarios para el proceso de enseñanza/aprendizaje con conceptos básicos de cinética, termodinámica y electroquímica relacionados con procesos de corrosión en diferentes sistemas. Para estos contenidos se

desarrollaron videos introductorios para cada una de las prácticas de laboratorio por medio de la aplicación Imovie, y algunos Gif por medio de la aplicación Gif Maker para una fácil representación de lo que ocurre cuando se dan algunas reacciones importantes relacionadas con cada uno de los temas anteriormente mencionados, galerías 3D con varias de las herramientas que ofrece el portal Wix y el montaje de una serie de imágenes y arreglos para cada una de estas secciones por medio de programas como Corel DrawX6, Microsoft Power Point y Paint. Seguidamente se elaboraron unos formularios con la aplicación “Formularios de Google” en los cuales se encuentran cinco preguntas de múltiple respuesta, y/o selección múltiple, basadas en conceptos teóricos vistos en clase y normas ASTM. Dichos formularios se cargaron en la comunidad virtual de la asignatura con el fin de evaluar los conocimientos previos a las prácticas de laboratorio, siendo indispensable la claridad de ellos para un aprendizaje óptimo y un adecuado desarrollo práctico. A continuación, se crearon los videos tutoriales para el manejo del software del potencióstato/galvanostato utilizados en las prácticas electroquímicas, estos con una duración aproximada entre 3 y 6 minutos cada uno. Se elaboraron mediante el programa Microsoft Expression Encoder 4 Screen Capture el cual constaba de una captura de pantalla cuando se realizaban las pruebas experimentales, y adicionalmente se adjuntó el audio explicando claramente todos los pasos que se tenían en cuenta durante el protocolo de inicio del software de los potencióstatos/galvanostatos usados para realizar los diferentes experimentos electroquímicos. Finalmente, se recopilaron todos los contenidos desarrollados por medio de las herramientas TIC en la página web, creando secciones diferentes que permiten visualizar los contenidos de manera organizada entre las que se encuentran: inicio, teoría, prácticas, software y una sección de contáctanos todo esto creado para el fácil acceso de los estudiantes y monitoreo de los docentes.

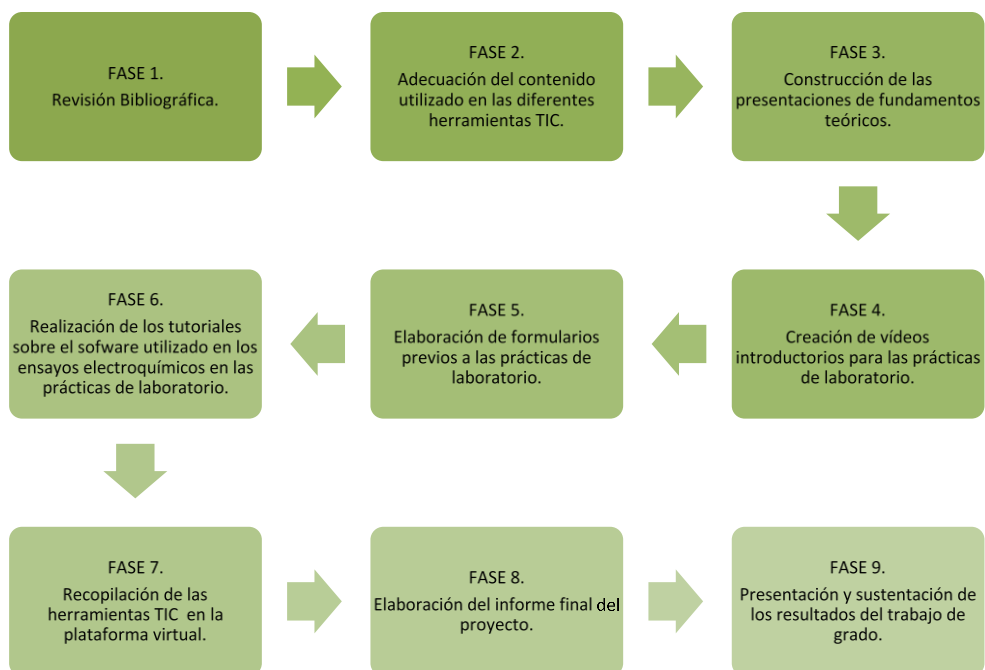


Figura 1. Diseño de la metodología de trabajo

4. Resultados y Discusión

De acuerdo al análisis realizado durante el desarrollo de este proyecto se seleccionaron tres secciones importantes que se incluyeron en la página web que se puede encontrar en el siguiente link: <https://lizethninoj.wixsite.com/corrosion> y que se diseñó para complementar el proceso enseñanza-aprendizaje de la asignatura corrosión. Estas secciones son:

- **Teoría:** en esta sección se podrá acceder a tres temas que son considerados fundamentales para el correcto entendimiento de los procesos de corrosión y el comportamiento de estos fenómenos. Dichos temas son principios termodinámicos, electroquímicos y cinéticos.
- **Prácticas:** en donde se podrá acceder a las normas e implementos de seguridad a tener en cuenta para el desarrollo de las prácticas, el contenido y procedimiento que se utilizará durante cada una de ellas, las cuales fueron modificadas anteriormente en el proyecto de grado: “Diseño y Modificación de las Guías y Actividades Prácticas del Laboratorio de la Asignatura de Corrosión Correspondiente al Programa de Ingeniería Metalúrgica de la Universidad Industrial de Santander” para el laboratorio de la asignatura corrosión. [14]
- **Software:** En donde se podrá acceder a videos tutoriales sobre el software utilizado en el desarrollo de los ensayos electroquímicos para las prácticas de laboratorio.

4.1 Sección teoría

Gracias a las conclusiones y consideraciones obtenidas por medio de las encuestas realizadas a los egresados del programa de ingeniería metalúrgica en el periodo comprendido entre 2005-2016, se seleccionaron los principios teóricos de mayor importancia para el desarrollo de las competencias y se llegó a tres temas que abarcan distintos conceptos los cuales permiten al estudiante entender las preguntas: por qué y cómo ocurren los procesos corrosivos. Estos temas son:

- Principios termodinámicos
- Principios electroquímicos
- Principios cinéticos

El entendimiento de los principios termodinámicos es fundamental en corrosión, ya que la tendencia termodinámica que tienen los materiales a llegar al estado de mínima energía trae como consecuencia directa que un gran número de materiales de interés ingenieril, presentan la tendencia natural de formar productos más estables como lo son los óxidos y sulfatos. El entendimiento de la tendencia a la reducción de la energía, expresado mediante la energía libre de Gibbs y su equivalente en potencial eléctrico desarrollado por Nernst permiten entender cuán viable es que ocurra o no un proceso corrosivo y predecir las condiciones de estabilidad del metal. En cuanto a los aspectos electroquímicos existen varios conceptos fundamentales para comprender la interacción de los metales con el medio, entre estos se destacan la doble capa eléctrica y las reacciones de óxido-reducción. Estos dos conceptos son aplicables tanto para procesos faradaicos (donde se tiene intercambio de electrones) como los no faradaicos (donde ocurren procesos de carga-descarga sin la presencia de reacciones). [15]

Además, Considerando que los metales no siempre se encuentran en condiciones de equilibrio, es importante considerar los principios cinéticos que estudian las velocidades de las reacciones electroquímicas y los mecanismos de transporte de materia en el electrolito, permitiendo conocer el tipo de control por el cual ocurren las reacciones y por lo tanto el proceso corrosivo. [16]

El entendimiento de todos estos conceptos permite al estudiante comprender los principales fenómenos asociados a los procesos corrosivos y estudiar su comportamiento para mitigar la corrosión.

Buscando la mejor manera de transmitir estos conceptos que son de difícil análisis y lectura en los libros, se pudo realizar la elección de las herramientas a utilizar durante el desarrollo de este proyecto y se realizó el diseño de la plataforma web donde los estudiantes pueden encontrar los conceptos teóricos de una forma didáctica y un enfoque no solo de la fundamentación teórica sino de la aplicación de los conceptos en la industria.

4.1.1. Principios termodinámicos. Para este tema, se diseñó una galería 3D de minerales compuestos por los metales de mayor interés ingenieril (Fe, Al, Cu) explicando la tendencia natural que tienen los metales a formar productos de corrosión entre los que se encuentran sulfatos, óxidos y cloruros. Para facilitar el manejo de la información se desarrolló una forma dinámica en la que al pasar el puntero sobre cada una de las imágenes, muestra un texto con la información pertinente de cada una de estas como se observa en la Fig. 2. Además se incorporó un video donde se presentan algunos conceptos termodinámicos esenciales como la serie electromotriz, energía libre de Gibbs, ecuación de Nernst, serie galvánica y reacciones de oxidación y reducción con un ejemplo, con el fin de que el estudiante identifique los fenómenos termodinámicos relacionados con los procesos corrosivos.

PRINCIPIOS TERMODINÁMICOS


Así como todos los procesos en la naturaleza, la degradación de los materiales ocurre mediante la corrosión la cual se debe a principios termodinámicos. Como todo lo que nos rodea, los materiales tienden al estado de menor energía, en el caso específico de los metales dicho estado involucra óxidos, hidróxidos o sales así como se presentan en la naturaleza. Este principio termodinámico es el que nos va a indicar si los procesos corrosivos pueden suceder. Los metales tienden a la formación de óxidos, en esto podemos conseguir óxidos de cobre (óxido cuproso, (Cu_2O) , óxido cúprico, (CuO)), óxidos de hierro (óxido ferroso, FeO , óxido férrico, Fe_2O_3 , óxido ferroso férrico (Fe_3O_4)), óxidos de aluminio (Al_2O_3) que se encuentran como corindón y esmeril entre otros.

MINERALES



Aprende Más

ECUACIÓN DE NERNST



$$\Delta G = -n F \Delta E$$

Figura 2. Plataforma web, tema uno (Principios termodinámicos).

4.1.2 Principios electroquímicos Para la presentación de este tema, se diseñaron GIF, como el que se aprecia en la Fig 3. que representan los modelos de doble capa eléctrica propuestos por algunos de los físicos que participaron en el desarrollo de estos, con el propósito de que el estudiante pueda visualizar el movimiento de las partículas cargadas (iones metálicos en soluciones acuosas). La estructura de la doble capa eléctrica que se forma cuando dos fases entran en contacto es un factor determinante en los fenómenos cinéticos y en las propiedades de equilibrio asociadas a esta zona. Las energías de activación para los procesos de transporte de iones y de transferencia de carga están determinadas en gran medida por la capacidad de almacenamiento de carga en esta región y su relación con el potencial aplicado. [17]

Todo esto hace imprescindible el estudio de este tema para cualquier campo de aplicación particular de la electroquímica debido a que en la mayoría de los casos los fenómenos que

controlan este tipo de procesos ocurren en la interface electrodo-electrolito. Adicionalmente se agregó un audio que explica cada uno de los modelos propuestos.

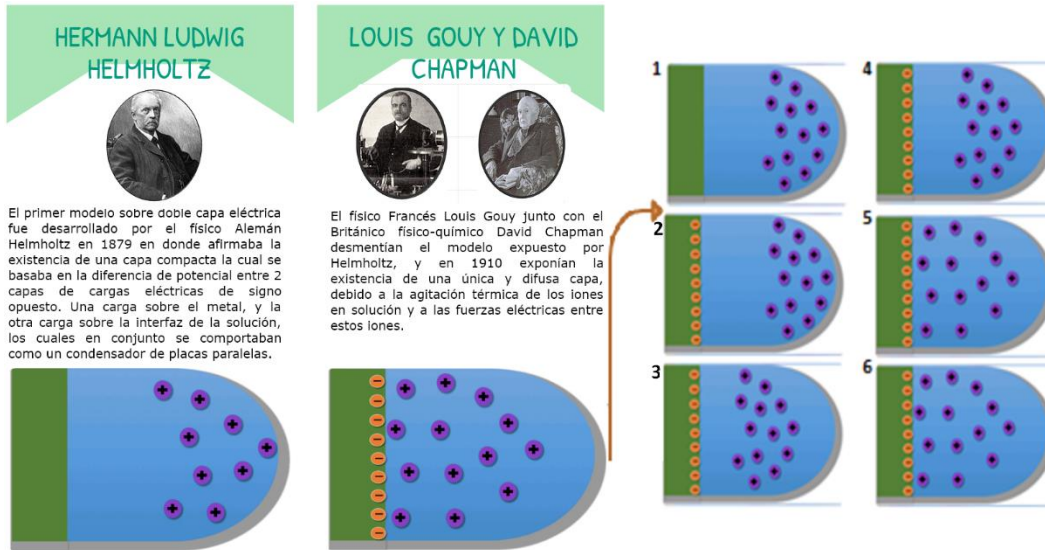


Figura 3. Plataforma web, tema dos (Principios electroquímicos).

4.1.3 Principios cinéticos. Para el diseño de los contenidos de los principios cinéticos, mediante el uso de GIF se ilustran los pasos en los que ocurren dos reacciones representativas: la oxidación del sodio y la evolución del hidrógeno que se muestra en la Fig. 4.

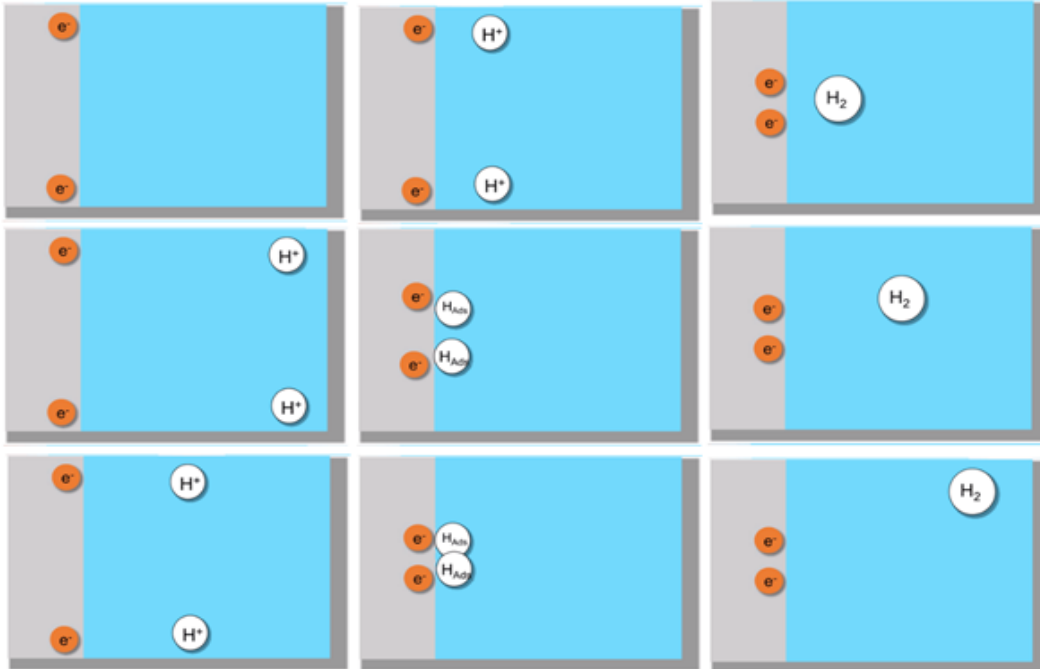


Figura 4. GIF Evolución del hidrógeno

Adicional a esto, considerando la importancia del aprendizaje de las ecuaciones que modelan los procesos cinéticos se incorporaron la ecuación de Butler-Volmer (Fig. 5) con la que se define la velocidad de reacción en función de la cinética de la reacción y la ecuación de Nernst-Planck que modela el flujo de materia en función de la difusión, migración y convección. Estas ecuaciones permiten relacionar la cinética del proceso corrosivo con factores como el coeficiente de simetría, la constante de Faraday, el número de electrones involucrados, la constante de los gases, la temperatura absoluta, la concentración de las especies en solución, el coeficiente de difusión, la presencia de un campo eléctrico y las posibles formas de agitación.

Ecuación de Butler-Volmer

$$i_{reacción} = i_0 \left\{ \exp \left(-\beta \frac{nF}{RT} n_{reacción} \right) - \exp \left((1 - \beta) \frac{nF}{RT} n_{reacción} \right) \right\}$$

- $i_{reacción}$: es la corriente anódica o catódica
- β : coeficiente de simetría o barrera de transferencia de carga para la reacción anódica o catódica, usualmente cercano a 0.5
- F : constante de Faraday, 96485 C/mol de electrones
- n : número de electrones participando
- R : constante de los gases, 8.314 J mol⁻¹ K⁻¹
- T : temperatura absoluta

Figura 5. Ecuación de Butler-Volmer

4.2 Sección prácticas

En esta sección se seleccionó el contenido necesario para el montaje de cada una de las prácticas que anteriormente habían sido diseñadas y basadas según las normas internacionales de los procesos más usados industrialmente. Se utilizaron las 7 prácticas establecidas para el laboratorio de corrosión las cuales son:

- Corrosión del aluminio por reacciones de desplazamiento.
- Estabilidad de distintos materiales en diversos medios, mediante pruebas de inmersión.
- Curvas de polarización en aceros al carbono.
- Curvas de polarización en aceros inoxidable.
- Electrodeposición por celda Hull.
- Espectroscopia de impedancia electroquímica en diversos metales, con y sin recubrimiento.
- Resistividad de suelos.

Para el desarrollo de esta sección se tuvieron en cuenta diversos factores que son importantes para la realización de cada una de las prácticas. Se elaboró una sección introductoria de la página web para llevar a cabo cada una de las prácticas como se muestra en la Fig. 6. En donde se tuvo en cuenta los implementos de seguridad necesarios para el ingreso al laboratorio y para el desarrollo de la práctica. Se diseñó un banner que muestra lo que se debe hacer y otro con el contenido de lo que no se debe realizar durante el desarrollo de cada una de las prácticas.



Figura 6. Pantalla general de las prácticas en la página web

Tomando como ejemplo la primera práctica “Corrosión del aluminio por reacciones de desplazamiento” se hace referencia a la corrosión de una lámina de dicho material que al ser sumergida en una solución rica en iones de cobre y al entrar en contacto el aluminio con los iones de cobre ocurre la reacción de oxidación del aluminio y la de reducción del cobre. Cuando están 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.

En cuanto a la implementación de TIC como complemento de las prácticas de laboratorio se elaboraron 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 presentan se tienen: aeronáutica, procesos de transporte, petrolera, de alimentos, automotriz, recubrimientos y energía; para cada tipo de industria se presentan los materiales y tipos de aleaciones más usados, además los más frecuentes fenómenos de corrosión encontrados allí y algunas posibles soluciones para cada una de las distintas formas de corrosión que se pueden presentar. Dichos videos fueron elaborados totalmente con contenido propio tanto gráfico como de audio Y se ubicaron en la página web 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 de 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, todo esto se puede ver en la Fig. 7.

estudiantes deben contestar previamente al desarrollo de las prácticas y se evalúan aspectos teóricos necesarios para un buen desempeño durante la prueba del laboratorio, se encuentran preguntas acerca de las normas internacionales en las que se basan las pruebas y conceptos claves vistos en clases.

En la página web se creó el inicio general de las prácticas en donde se encuentran las recomendaciones a tener en cuenta cuando se realiza una práctica y lo que se debe y no se debe hacer durante el desarrollo de dicha práctica. Se ilustraron los implementos de seguridad de uso obligatorio dentro del laboratorio para asegurar un desarrollo de prácticas con mayores garantías. Adicionalmente, se encuentra un archivo en formato PDF al 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 un ejemplo claro siguiendo las secciones determinadas en un artículo científico (Título, autores, resumen, introducción, procedimiento experimental, resultados y discusiones, conclusiones y referencias bibliográficas).

Laboratorio de Corrosión, Práctica V: ELECTRODEPOSICIÓN POR CELDA HULL.

En la industria automotriz, se utilizan diversos materiales debido a sus propiedades mecánicas. En esta industria en especial, los materiales metálicos se encuentran en el motor, chasis y carrocería, entre otros. Estos materiales deben tener propiedades de resistencia a la erosión, desgaste e impacto y dependen de la estabilidad del medio en el que se encuentran en servicio, por lo tanto, en muchas situaciones se hace necesario la ayuda de un recubrimiento. Generalmente estos recubrimientos otorgan adherencia, mejoran las propiedades mecánicas existentes y cumplen tareas estéticas en los acabados superficiales, como ocurre con los recubrimientos multicapa como el cromado y el níquelado.

Los metales más usados en la industria para este tipo de recubrimientos son: Cobre, que no se usa para fines decorativos, aumenta la conductividad y evita la corrosión por rozamiento; Níquel, que otorga resistencia a la oxidación y a las altas temperaturas; Zinc, que se usa principalmente para realizar galvanizados y ofrece resistencia a la corrosión en los aceros y Cromo, que se usa para dar resistencia al desgaste y la abrasión. Otros elementos que se usan en menor proporción para este tipo de recubrimientos son la plata y el estaño.

***Obligatorio**

Dirección de correo electrónico *

Tu dirección de correo electrónico

Nombre completo *

Tu respuesta

En la celda Hull se obtiene una distribución de corriente 1 punto

sobre la superficie de la lámina. ¿En qué zona cree usted que el recubrimiento tendrá mayor espesor?

- En el punto más cercano
- En el punto más lejano
- En el centro de la lámina
- Toda será igual
- Ninguna de las anteriores

La celda Hull es implementada para realizar pruebas cualitativas de electrodeposición a nivel laboratorio. Según las siguientes imágenes ¿Cuál es el correcto montaje de dicha celda? 1 punto

Opción 1

Opción 2

Figura 8. Formularios elaborados para el desarrollo previo a cada práctica.

4.3 Sección Software

En esta sección se elaboraron videos tutoriales del software del potencióstato/galvanostato, mediante la aplicación de captura de pantalla Microsoft Expression Encoder 4 Screen Capture explicando detenida y detalladamente todos y cada uno de los pasos a tener en cuenta durante la calibración del equipo, y la selección de los parámetros a registrar durante la realización de la prueba electroquímica. Así mismo, se adjuntó un audio explicando y respaldando cada etapa a medida que el video transcurre relacionando cada uno de los pasos que el estudiante debe seguir. Los videos constan de una duración aproximada de 5 a 10 minutos, los cuales fueron cargados a través del canal de Youtube y posteriormente en la sección de software correspondiente en la página web.

5. Conclusiones

Mediante el análisis de las encuestas que evaluaban la percepción de los egresados frente a la metodología utilizada y el conocimiento adquirido durante el curso de la asignatura corrosión, se realizó la implementación de TIC, creando contenido propio mediante el uso de herramientas tales como Gif, videos, galerías 3D, banner, animaciones con vectores y la creación de una página web con la finalidad de reunir todos los tutoriales teóricos, las guías prácticas, los implementos de seguridad del laboratorio y videos del software para brindar a los estudiantes un fácil acceso y sencillo monitoreo por parte de los docentes.

Se realizaron videos introductorios enfocados en determinadas industrias para cada una de las prácticas a desarrollar en el laboratorio con el objetivo de enseñar la importancia del estudio de la corrosión en diferentes sistemas y despertar el interés de los estudiantes por conocer los procedimientos, materiales, formas de corrosión y mecanismos de protección usados industrialmente.

Se diseñaron formularios para cada práctica de laboratorio como herramienta de evaluación de los conocimientos previos del estudiante al desarrollo de la sesión experimental e incentivar el hábito en los estudiantes de investigar y lograr un excelente desempeño y aprendizaje en las prácticas.

Se desarrollaron videos tutoriales del software usado en los ensayos electroquímicos de interés a las prácticas de laboratorio que permitan orientar a los estudiantes a la hora de realizar las pruebas electroquímicas adecuadamente.

6. Recomendaciones

Para que el desarrollo de este proyecto continúe adecuadamente se debe permanecer en la búsqueda de nuevas herramientas TIC, que permitan captar y mantener el interés del estudiante en cada uno de los temas que se quieren enseñar.

Es importante que la escuela garantice la conectividad a internet para toda la comunidad de Ingeniería Metalúrgica, con el objetivo de permitir el acceso a las herramientas TIC desarrolladas en este proyecto, de manera equitativa y asequible sin importar el momento ni el lugar.

Promover el uso y desarrollo de tecnologías de información y comunicación por parte de los docentes es importante para un adecuado proceso de enseñanza/aprendizaje que permita ir evolucionando a la par con el desarrollo tecnológico.

Se hace indispensable una dotación de computadores en el laboratorio de corrosión para permitir a los estudiantes tener las herramientas necesarias para el fácil acceso a la página web y proveerse de la información prevista, como los procedimientos y el adecuado uso del software que se debe emplear cuando se realizan las pruebas electroquímicas.

Citas Bibliográficas

- [1] María R. Hernández, Verónica M. Rodríguez, Francisco J. Parra y Pedro Velázquez. Las Tecnologías de la Información y la Comunicación (TIC) en la Enseñanza-Aprendizaje de la Química Orgánica a través de Imágenes, Juegos y Videos. Universidad de Guadalajara, CUCEI, Depto. de Química, Blvd.
- [2] UNESCO. Las TICs en la Educación.
- [3] María G Bautista, Aldo R Martínez, Reynaldo Hiratecha. Uso de Material Didáctico y las Tecnologías de Información y Comunicación para Mejorar el Alcance Académico. Universidad de Palermo. Revista de Ciencia y Tecnología. Ed 14. 2014. pg 183-194.
- [4] Fernando Ortiz, Marisa Krenz. Enseñar con TICs Mejora el Aprendizaje. Fray M Esquiú. Diario El Ancasti. Argentina.
- [5] Menolasina, Sabino. Fundamentos y Aplicaciones de Electroquímica. Ed. 2004. Menda, Venezuela.
- [6] Andrea Sandoval R. Reacciones Electroquímicas Modelo en la Interfaz Líquido Iónico-Electrodo Monocristalino de Platino. Universidad de Alicante.
- [7] Juan C, Carmona A. Simulación Molecular de la Doble Capa Eléctrica Electrodo de Níquel-Solución de Cloruro de Níquel. Universidad Nacional de Colombia. Medellín. 2010.
- [8] R Gómez. Cinética de la Corrosión. Universidad de Alicante. 2008

- [9] Oscar Salazar V. German Gonzalez S. Consideración de la Transferencia de Masa y Cantidad de Movimiento en el Modelamiento de un Reactor Tubular. Universidad Nacional de Colombia. Medellín. 2004.
- [10] Criado M, Fajardo S, Valdez B, Bastidas JM. Aspectos Cinéticos de la Corrosión y Fenómenos de Pasividad. En Valdez Salas B, & Schorr Wiener M (Eds.). Corrosión y preservación de la infraestructura industrial. Barcelona, España: OmniaScience; 2013. pp. 11-32.
- [11] Corte M, Daniel E. Peña E, Julián. Obtención de las Curvas Galvanostáticas y Ensayos de Resistencia a la Polarización en Varillas de Construcción ASTM A42 en Solución de Agua al 3,5% de Cloruro de Sodio. Revista Tecnológica ESPOL.
- [12] Guiñón P, Virginia. Estudio de la Influencia de la Polarización Anódica y Catódica Sobre el Comportamiento Electroquímico de Níquel, Cromo y Aceros Inoxidables en LiBr. Universidad Politécnica de Valencia. Tesis Doctoral. 2011.
- [13] González, Sergio. Souto, Ricardo. Investigación del Comportamiento Anticorrosivo de Sustratos Metálicos Protegidos con Recubrimientos Orgánicos por Medio de la Espectroscopía de Impedancia Electroquímica. INSDE (I), 85-130 (2002).
- [14] Estévez Torres Johan Steve, Medina Grateron Diego Alberto. (2017) Diseño y Modificación de las Guías y Actividades Prácticas del Laboratorio de la Asignatura de Corrosión Correspondiente al Programa de Ingeniería Metalúrgica de la Universidad Industrial de Santander
- [15] ASM International. (1987) Metals Handbook. Volume.13. corrosion.
- [16] Pierre R. (2008) corrosion engineering principles and practice. McGraw-Hill

- [17] Bard, Allen J. *Electrochemical Methods Fundamentals and Applications*. Ed. 2. Jhon Willey & Sons, Inc. 2011.

Referencias Bibliográficas

ASM International. (1987) *Metals Handbook*. Volume.13. corrosion.

Bard, A. J. (2011) *Electrochemical Methods Fundamentals and Applications*. Ed. 2. Jhon Willey & Sons, Inc..

Bautista, M. G. Martínez, A. R.; Hiratecha. R. (2014) *Uso de Material Didáctico y las Tecnologías de Información y Comunicación para Mejorar el Alcance Académico*. Universidad de Palermo. Revista de Ciencia y Tecnología. Ed 14. pg 183-194.

Carmona A., J. C. (2010) *Simulación Molecular de la Doble Capa Eléctrica Electrodo de Níquel-Solución de Cloruro de Níquel*. Universidad Nacional de Colombia. Medellín.

Corte M, Daniel E. Peña E, J. (s.f.) *Obtención de las Curvas Galvanostáticas y Ensayos de Resistencia a la Polarización en Varillas de Construcción ASTM A42 en Solución de Agua al 3,5% de Cloruro de Sodio*. Revista Tecnológica ESPOL.

Criado M, Fajardo S, Valdez B, Bastidas JM. (2013) *Aspectos Cinéticos de la Corrosión y Fenómenos de Pasividad*. En Valdez Salas B, & Schorr Wiener M (Eds.). Corrosión y preservación de la infraestructura industrial. Barcelona, España: OmniaScience;. pp. 11-32.

Estévez Torres J. S., Medina Grateron D. A. (2017) *Diseño y Modificación de las Guías y Actividades Prácticas del Laboratorio de la Asignatura de Corrosión Correspondiente al Programa de Ingeniería Metalúrgica de la Universidad Industrial de Santander*

Gómez, R. (2008) *Cinética de la Corrosión*. Universidad de Alicante.

González, S. & Souto, R. *Investigación del Comportamiento Anticorrosivo de Sustratos Metálicos Protegidos con Recubrimientos Orgánicos por Medio de la Espectroscopía de Impedancia Electroquímica*. INSDE (I), 85-130 (2002).

Guiñon P, V. (2011) *Estudio de la Influencia de la Polarización Anódica y Catódica Sobre el Comportamiento Electroquímico de Níquel, Cromo y Aceros Inoxidables en LiBr*. Universidad Politécnica de Valencia. Tesis Doctoral..

Hernández M. R, Rodríguez, V. R.; Parra F. J. & Velázquez, P. (s.f.) *Las Tecnologías de la Información y la Comunicación (TIC) en la Enseñanza-Aprendizaje de la Química Orgánica a través de Imágenes, Juegos y Videos*. Universidad de Guadalajara, CUCEI, Depto. de Química, Blvd.

Menolasina, S. (2004) *Fundamentos y Aplicaciones de Electroquímica*. Ed. Menda, Venezuela.

Ortiz, F.; Krenz. M. (s.f.) *Enseñar con TICs Mejora el Aprendizaje*. Fray M Esquiú. Diario El Ancasti. Argentina.

Pierre R. (2008) *Corrosion engineering principles and practice*. McGraw-Hill

Salazar V. O.; González S. G. (2004) *Consideración de la Transferencia de Masa y Cantidad de Movimiento en el Modelamiento de un Reactor Tubular*. Universidad Nacional de Colombia. Medellín.

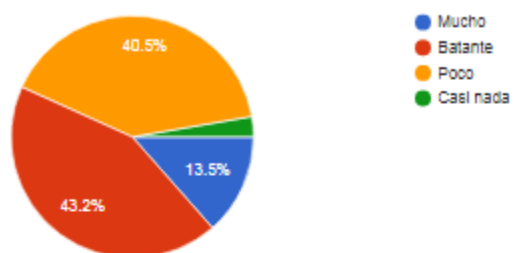
Sandoval R. A. (s.f.) *Reacciones Electroquímicas Modelo en la Interfaz Líquido Iónico-Electrodo Monocristalino de Platino*. Universidad de Alicante.

UNESCO. (s.f.) *Las TICs en la Educación*.

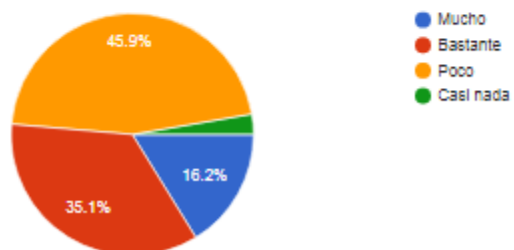
Apéndices

Apéndice A. Encuestas realizadas a egresados de la Escuela de Ingeniería Metalúrgica en el periodo 2005 - 2016

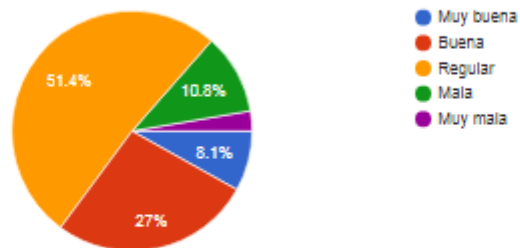
¿Cuanto recuerda usted haber aprendido del contenido de la asignatura corrosión en clase teórica?



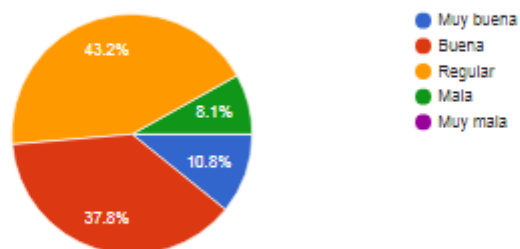
¿Cuanto recuerda usted haber aprendido del contenido en el laboratorio de corrosión?



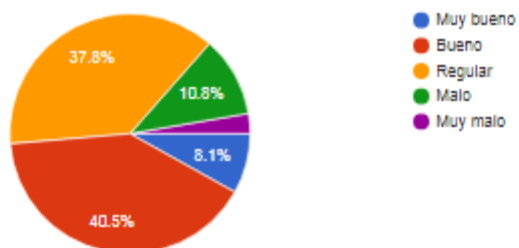
¿Cómo le parecía la metodología usada en las clases teóricas de corrosión?



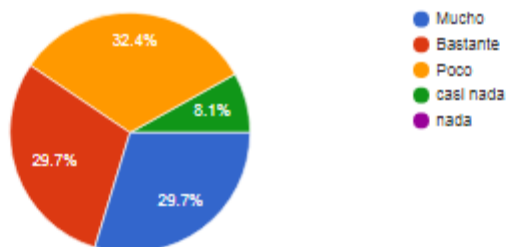
¿Cómo le parecía la metodología usada en el laboratorio de corrosión?



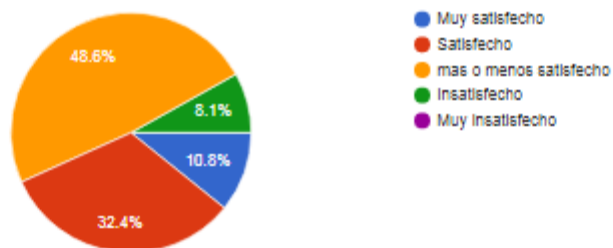
¿Cómo le parecía el método de evaluación empleado en el laboratorio de corrosión?



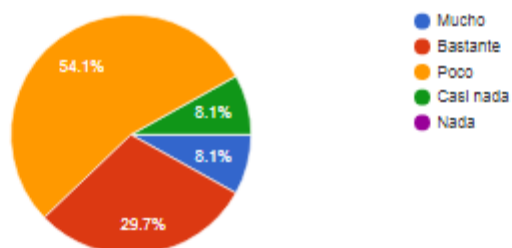
¿Cuánto cree que el haber cursado esta asignatura aportó a su formación profesional?



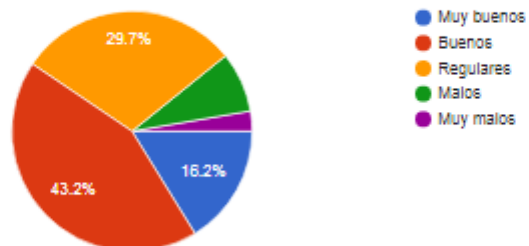
¿Cuál es su nivel de satisfacción al haber cursado esta materia?



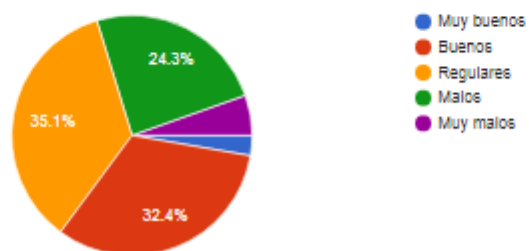
Considera usted que el laboratorio le permitió adquirir destreza para su vida profesional o desempeño laboral?



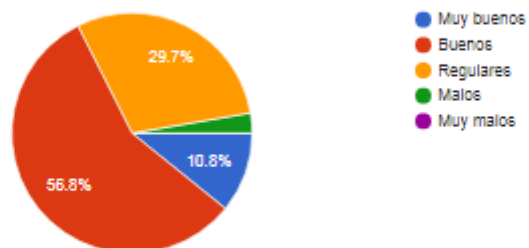
Como considera usted que fueron los conocimientos adquiridos con respecto a los principios electroquímicos relacionados con la estabilidad de materiales y la corrosión?



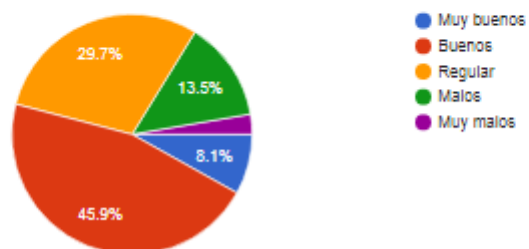
Como considera usted que fueron los conocimientos adquiridos con respecto a los principios termodinámicos necesarios para entender los problemas de corrosión?



Como considera usted que fueron los conocimientos adquiridos con respecto a las formas de protección contra la corrosión?



Como considera usted que fueron los conocimientos adquiridos con respecto a los principios cinéticos necesarios para entender la velocidad a la que ocurren los procesos corrosivos?



Considerando los tópicos incluidos en la asignatura, y las exigencias de la vida laboral, que contenidos cree usted que se deberían incluir en la asignatura, tanto a nivel teórico como en las prácticas de laboratorio

Pienso que el contenido planeado es apropiado pero la metodología de estudio en el año en que yo la vi (2014) no era la adecuada. Muchas diapositivas solo con pantallazos de las páginas de los libros. El docente definitivamente sabía mucho del tema pero por alguna razón los estudiantes no aprendíamos lo suficiente.

Clases y laboratorios específicos en temas de protección catódica y recubrimientos, además de temáticas asociadas al estudio y problemáticas industriales/ con invitados especiales que nutran la formación y dinamicen el aprendizaje

Tener en cuenta aplicación a nivel industrial de los temas tratados y poner problemas que ayuden al estudiante a dar posibles soluciones en el campo laboral

Están bien así lo único sería utilizar un modelo de clase que se aplique a casos de la vida real y en la cual un Ingeniero Metalúrgico se verá enfrentado

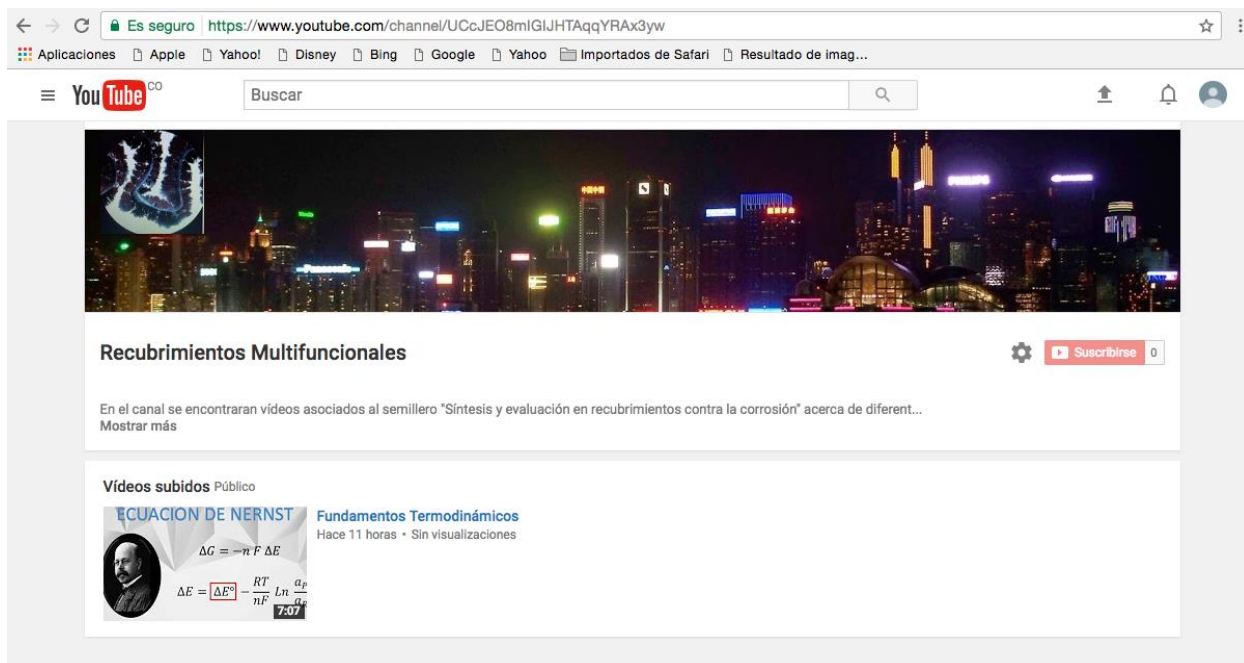
En estos momentos poco me acuerdo de esos topicos

Practicas de corrosion a altas temperaturas y presion, con El objetivo de analizar la descarburización por hidrógeno

Durante el transcurso de la materia se debería reforzar conceptos teóricos y prácticos de los métodos o sistemas para mitigación de la corrosión que se tienen establecidos en la industria, y dar un conocimiento general de cada uno de ellos.

Casos reales aplicados a la industria petrolera, de construcción y de telecomunicaciones. Más ejercicios de

Apéndice B. Página de inicio del canal de YouTube en donde se encuentran todos los videos incorporados en la página web.



<https://www.youtube.com/channel/UCcJEO8mIGIJHTAqqYRAx3yw>

Apéndice C. Inicio de la página web diseñada para la incorporación de todas las herramientas TIC creadas.

