



| <b>1. DATOS GENERALES DE LA UNIDAD DE APRENDIZAJE (UA) O ASIGNATURA</b> |                                  |   |                          |
|---|----------------------------------|---|--------------------------|
| <b>Nombre de la Unidad de Aprendizaje (UA) o Asignatura</b>             |                                  |   | <b>Clave de la UA</b>    |
| Electroquímica II   |                                  |   | 17546                    |
| <b>Modalidad de la UA</b>   | <b>Tipo de UA</b>                | <b>Área de formación</b>                        | <b>Valor en créditos</b> |
| Escolarizada  | Curso                            | Optativa abierta                                | 7                        |
| <b>UA de pre-requisito</b>  | <b>UA simultaneo</b>             | <b>UA posteriores</b>                           |                          |
| Electroquímica I  | Fisicoquímica III                | Fisicoquímica II                                |                          |
| <b>Horas totales de teoría</b>  | <b>Horas totales de práctica</b> | <b>Horas totales del curso</b>                  |                          |
| 4   | Sin horas                        | 4   |                          |
| <b>Licenciatura(s) en que se imparte</b>                                |                                  | <b>Módulo al que pertenece</b>                  |                          |
| Licenciatura en Química   |                                  | Síntesis, purificación y transformación química |                          |
| <b>Departamento</b>   |                                  | <b>Academia a la que pertenece</b>              |                          |
| Química   |                                  | Fisicoquímica                                   |                          |
| <b>Elaboró</b>  |                                  | <b>Fecha de elaboración o revisión</b>          |                          |
| Dr. Norberto Casillas Santana   |                                  | 1/julio/2018                                    |                          |



**2. DESCRIPCIÓN DE LA UA O ASIGNATURA**

**Presentación**

En la primera parte del curso se imparten los conocimientos necesarios para el entendimiento del transporte de masa en celdas, la distribución de corriente y potencial y el fortalecimiento de los conceptos teóricos de la doble capa, esenciales en sistemas electroquímicos. En esta parte del curso se incluye el aprendizaje del manejo y aplicación del software comercial COMSOL y LABVIEW vía la solución de problemas de transferencia de masa, distribución de corriente y potencial e instrumentación. La segunda parte del curso comprende la discusión de las aplicaciones de la electroquímica en el ámbito industrial de sistemas en solución, sal fundida y medios orgánicos, los procesos de interconversión de energía y electroquímica ambiental. El curso requiere de los conocimientos previos adquiridos en los cursos de electroquímica I y fisicoquímica I y II y es recomendable cursar Electroquímica II práctica a la par con este curso para reafirmar los conceptos teóricos discutidos en clase.

**Relación con el perfil**

**Modular**

**De egreso**

Esta unidad de aprendizaje fortalece los conocimientos fundamentales adquiridos en el curso de Electroquímica I y dota al estudiante de conocimientos nuevos y avanzados de electroquímica necesarios para incursionar en el ámbito industrial. Capacita al estudiante en el manejo de software especializado y en la solución de problemas reales de la industria electroquímica y los laboratorios de control de calidad y servicio.

El estudiante es capaz de entender, modificar, implementar y mejorar procesos electroquímicos industriales, adaptar y aplicar las técnicas electroanalíticas para el tratamiento de casos específicos encontrados en los laboratorios de control de calidad y servicio y la industria electroquímica, es capaz de desarrollar y habilitar procesos de interconversión de energía que incluyan baterías y celdas de combustible y es capaz de adaptar y emplear métodos electroquímicos para el tratamiento de efluentes industriales.

**Competencias a desarrollar en la UA o Asignatura**

**Transversales**

**Genéricas**

**Profesionales**

Asimila y aplica información publicada en la literatura en español o inglés de procesos electroquímicos industriales, procesos de interconversión de energía y tratamiento de aguas.

Desarrolla la capacidad para llevar a cabo proyectos sobre técnicas electroquímicas, procesos electroquímicos industriales, interconversión de energía y el tratamiento de efluentes.

Comunica de forma clara y eficiente, oral y escrita, los resultados de su trabajo de laboratorio, la implementación de nuevas técnicas electroanalíticas y la habilitación de nuevos procesos electroquímicos industriales.

Desarrolla y adapta nuevas técnicas electroanalíticas para aplicaciones específicas.

Enfrenta y resuelve problemas que se presentan en procesos electroquímicos industriales y en laboratorios de control de calidad y servicio.

Elige y selecciona las fuentes de información bibliográfica apropiada para documentar sus proyectos.

Lee e interpreta adecuadamente la información electroquímica especializada publicada sobre técnicas electroquímicas y procesos electroquímicos industriales.

Aporta nuevas metodologías a la solución de problemas en las áreas de recubrimientos, electrosíntesis, electromaquinado, electrorefinado, interconversión de energía y tratamiento de aguas.

Lee, entiende y aplica normas de calidad a procesos electroquímicos específicos.

Aplica conceptos fundamentales de electroquímica en la solución de problemas de carácter industrial en celdas electroquímicas.

Valora el uso de técnicas electroanalíticas y sus resultados en el contexto de los laboratorios de control de calidad y servicios y en la industria electroquímica.

Toma decisiones sobre la solución de problemas en el ámbito de los recubrimientos y procesos electroquímicos industriales.

Soluciona problemas relacionados con el control de calidad y procesos electroquímicos industriales.

Maneja y aplica programas de cómputo en la solución de problemas de distribuciones de corriente y potencial en técnicas electroquímicas y sistemas electroquímicos industriales.



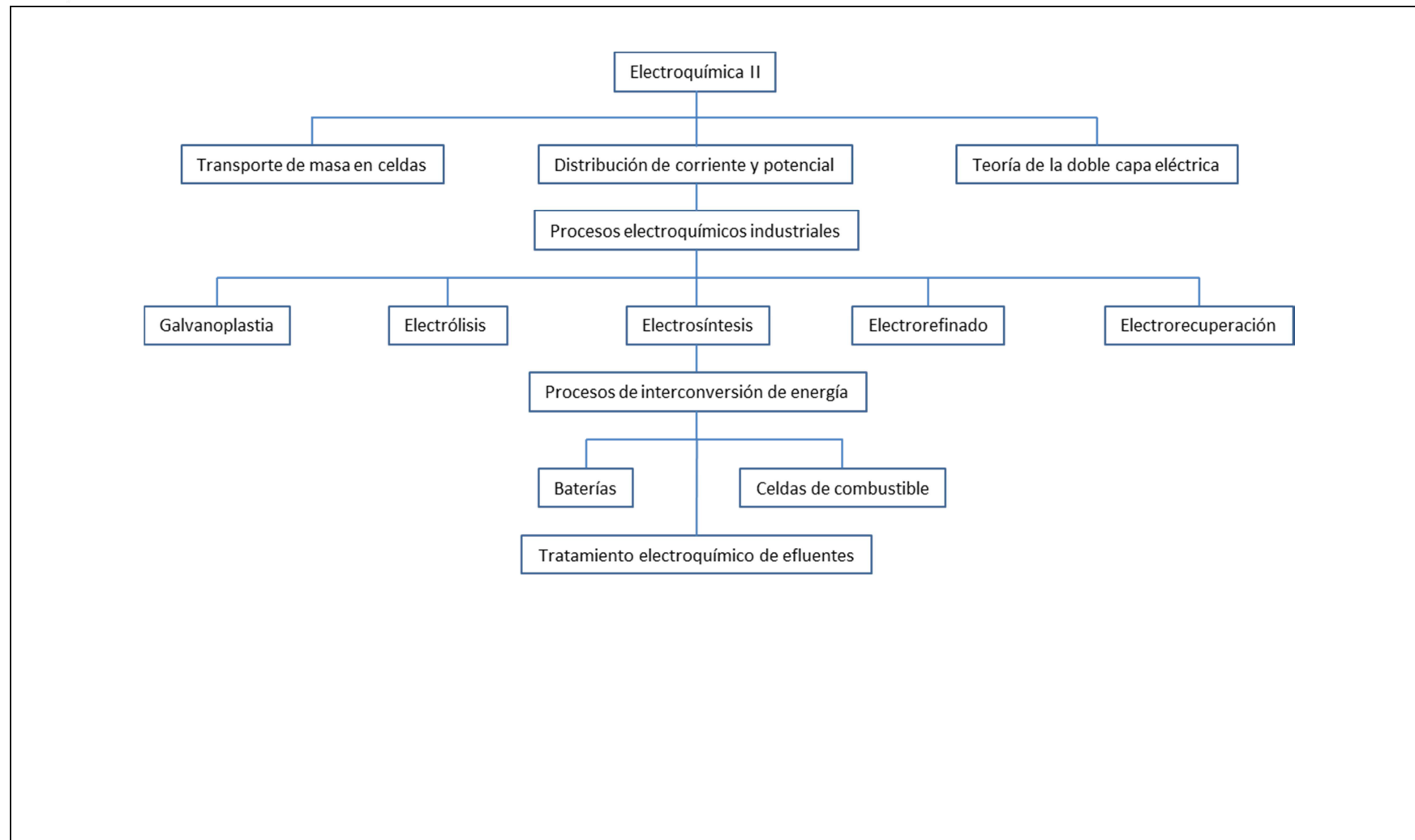
| Saberes involucrados en la UA o Asignatura  |  |  |
|---|--|--|
| Saber (conocimientos)   | Saber hacer (habilidades)  | Saber ser (actitudes y valores)  |
| <p>Tiene conocimientos completos y profundos sobre el funcionamiento de celdas electroquímicas industriales.</p> <p>Domina y aplica las técnicas electroanalíticas en laboratorios de calidad, servicio o plantas industriales.</p>   | <p>Aplica el método científico y estrategias de investigación para plantear y solucionar problemas de tipo industrial.</p> <p>Aplica los métodos electroanalíticos para la solución de problema de control de calidad y operación de sistemas industriales.</p> <p>Propone alternativas nuevas de inconversión y almacenamiento de energía.</p> <p>Trata y dispone apropiadamente los desechos generados en la industria de la galvanoplastia y otras industrias electroquímicas.</p> <p>Presenta de manera eficiente en forma oral y/o escrita proyectos de desarrollo electroquímicos.</p> <p>Maneja programas de cómputo especializados para la solución de problemas en celdas electroquímicas reales.</p> <p>Promueve el desarrollo y aplicación de nuevos sistemas de interconversión de energía y tratamiento de efluentes por métodos electroquímicos.</p> | <p>El alumno reafirma sus valores fundamentales sobre sustentabilidad y manejo responsable de los desechos de la industria de la galvanoplastia y los laboratorios de control de calidad y servicios.</p> <p>Pone en práctica y reafirma sus valores universales de trabajo, responsabilidad, ética, veracidad y cumplimiento.</p> <p>El alumno desarrolla la capacidad para trabajar en forma individual o en equipo de manera eficiente con resultados favorables.</p> |
| Producto Integrador Final de la UA o Asignatura   |  |  |
| <p><b>Título del Producto:</b> Proyecto integrador del curso de Electroquímica II (Parte I)</p> <p><b>Objetivo:</b> Desarrollar un proyecto que involucre fenómenos de transferencia de masa y de distribución de corriente y potencial en celdas electroquímicas que permita al estudiante demostrar su capacidad para leer, entender y aplicar información especializada en el área de la electroquímica publicada en la literatura. Demostrar sus habilidades y competencias en el manejo de software especializado (COMSOL) en la solución de problemas específicos de laboratorios de control de calidad o la industria electroquímica. Proponer y defender sus hipótesis, identificar y proseguir objetivos personales y de grupo y fortalecer los valores de responsabilidad y cumplimiento de tareas asignadas en tiempo y forma. Trabajar en forma conjunta de manera eficiente, discutir información técnica, lograr consensos y sacar adelante propuestas de trabajo en equipo.</p> <p><b>Descripción:</b> El proyecto incluye la solución de un problema de transferencia de masa o distribución de corriente y potencial en celdas real que requiera el manejo y aplicación de técnicas electroanalíticas o procesos electroquímicos industriales. El proyecto busca que el estudiante aplique los</p> |  |  |



## UNIVERSIDAD DE GUADALAJARA

conocimientos adquiridos en sus cursos de electroquímica y fisicoquímica y otras unidades modulares de aprendizaje, para dar solución a un caso de estudio real. Además, el proyecto permite al estudiante constatar, por sí mismo, su nivel de conocimientos y el avance en el entendimiento de la teoría y la problemática de los procesos electroquímicos industriales. Al mismo tiempo, le permite desarrollar sus habilidades para leer, entender y aplicar información especializada publicada en la literatura, discutir con sus pares estudiantiles sus posturas, asimilar sugerencias y discernir sobre la mejor solución a un problema, desarrollado habilidades de cálculo, síntesis y valoración de resultados.

### **3. ORGANIZADOR GRÁFICO DE LOS CONTENIDOS DE LA UA O ASIGNATURA**





**4. SECUENCIA DEL CURSO POR UNIDADES TEMÁTICAS**

**Unidad temática 1:**

**Objetivo de la unidad temática:**

Discutir los diferentes tipos de transporte de masa que se presentan en celdas electroquímicas industriales y las leyes que los rigen: difusión, migración y convección.

**Introducción:**

El transporte de masa en celdas electroquímicas resulta de la existencia de gradientes de diferentes propiedades del sistema, por ejemplo, la existencia de gradientes de concentración resulta en transporte de masa por difusión, la existencia de gradientes de potencial entre los electrodos resulta en transporte de masa por migración y la existencia de gradientes de velocidad provocada por la agitación del medio provoca un transporte de masa por convección forzada o natural debido a la existencia de gradientes de densidad. Todos estos tipos de transporte de masa se presentan invariablemente en los procesos electroquímicos a escala de laboratorio e industrial.

| Contenido temático   | Saberes involucrados   | Producto de la unidad temática   |
|--|--|--|
| <p><b>Unidad 1. Transporte de masa en celdas</b></p> <p>1.1 Derivación de la ecuación de transferencia de masa general</p> <p>1.2 Migración</p> <p>    1.2.1 Migración durante la electrólisis</p> <p>    1.2.2 Efecto del electrolito soporte</p> <p>1.3 Difusión</p> <p>    1.3.1 Leyes de Fick de la difusión</p> <p>1.4 Condiciones de borde en problemas electroquímicos</p> <p>    1.4.1 Condición inicial</p> <p>    1.4.2 Condición semi-infinita</p> <p>    1.4.3 Condiciones de borde en los electrodos</p> <p>1.5 Convección</p> <p>    1.5.1 Números adimensionales utilizados en electroquímica</p> <p>    1.5.2 Correlaciones de transferencia de masa</p> <p>1.6 Tratamiento semiempírico de transferencia de masa</p> <p>    1.6.1 R inicialmente ausente</p> <p>    1.6.2 Tanto O y R están presentes inicialmente</p> <p>    1.6.3 R insoluble</p> | <p>El estudiante conocerá los diferentes tipos de transporte de masa que se presentan en celdas electroquímicas a escala de laboratorio e industrial: Difusión, Migración y Convección.</p> <p>Los modelos para el cálculo y la predicción del transporte de masa por medio de hojas de balance y el uso de programas de cómputo especializados como COMSOL y LABVIEW.</p> <p>El estudiante podrá calcular los coeficientes de transferencia de masa requeridos en el diseño de procesos y equipo electroquímico a partir de correlaciones empíricas y la solución de sistemas de sistemas de ecuaciones diferenciales parciales con las condiciones de borde apropiadas, empleando COMSOL y MATLAB.</p> | <p>Tarea relacionada con el transporte de masa en celdas.</p> <p>Lectura de artículos científicos o técnicos relacionados con el transporte de masa.</p> |



# UNIVERSIDAD DE GUADALAJARA

| Actividades del docente  | Actividades del estudiante  | Evidencia de la actividad  | Recursos y materiales  | Tiempo destinado |
|--|---|--|--|------------------|
| <p>Exposición oral por parte del profesor de los temas relacionados con el transporte de masa en celdas mediante el uso de apoyos didácticos, i.e., pintarrón, cañón y presentaciones en pp.</p> <p>Visualización de videos relacionados con el transporte de masa en celdas y procesos industriales que incentiven la discusión del tema entre el profesor y los estudiantes, analizando los temas más relevantes o de mayor dificultad.</p> <p>Resolución de ejercicios por parte del profesor y los estudiantes de manera individual o en grupo con apoyo y supervisión del profesor.</p> <p>Planteamiento de casos de estudio, lluvia de ideas y solución conjunta de problemas.</p>   | <p>Solución de problemas relacionados con el transporte de masa en celdas de forma individual o en grupo.</p> <p>Lectura de artículos técnicos, contestando los cuestionarios asignados, que requieren la lectura y entendimiento de artículos, deducciones o cálculos relacionados.</p> <p>Discusión conjunta entre el profesor y los alumnos de los ejercicios de lectura en clase de manera individual o colectiva.</p> <p>Exposición en clase de artículos asignados por parte de los estudiantes de forma aleatoria.</p> | <p>Tareas desarrolladas por los estudiantes.</p> <p>Cuestionarios contestados de las lecturas o videos asignados en Youtube y otras fuentes.</p> <p>Registro de notas, el <i>in promptu</i> de preguntas y respuestas de clase y de participación.</p>                                     | <p>Exposición oral por parte del profesor con apoyos didácticos, pintarrón, plumones y cañón.</p> <p>Uso de cañón de manera discrecional con presentaciones en (pp) de los temas de interés.</p> <p>Manejo de programas de cómputo por parte del profesor vía el uso del proyector y práctica de los estudiantes en sus computadoras personales.</p> <p>Realización y discusión de experimentos ilustrativos del transporte de masa.</p> | 12 horas         |
| <b>Unidad temática 2:</b>  |   |  |  |                  |
| <p><b>Objetivo de la unidad temática:</b> Discutir los factores que determinan la distribución de corriente y potencial primaria, secundaria y terciaria en celdas electroquímicas de laboratorio e industriales y los métodos disponibles para evaluarlas.</p> <p><b>Introducción:</b> Esta unidad está relacionada con el estudio de la distribución de corriente y potencial en celdas electroquímicas de laboratorio e industriales. El tema se desarrolla alrededor de su injerencia en la formación de electrodepósitos, electromaquinado, electrodisolución de metales, sistemas de interconversión de energía y otros sistemas electroquímicos. La distribución de corriente se relaciona con la velocidad de reacción sobre la superficie de un electrodo y aparece en todos los campos de la electroquímica.</p> |   |  |  |                  |
| Contenido temático   | Saberes involucrados  | Producto de la unidad temática   |  |                  |
| <p><b>Unidad 2. Distribución de corriente y potencial</b></p> <p>2.1 Distribución de corriente primaria</p> <p>2.2 Distribución de corriente secundaria</p> <p>2.3 Distribución de corriente terciaria</p>   | <p>El estudiante conocerá los diferentes tipos de distribución de corriente y potencial y su relevancia en los procesos electroquímicos a nivel laboratorio o industriales.</p> <p>Tendrá habilidades para resolver problemas de distribución de corriente y potencial primaria y secundaria de manera analítica para casos simples y numérica para casos más complejos, empleando programas de cómputo basados en elemento finito como COMSOL o MATLAB.</p>  | <p>Tarea relacionada con el cálculo de la distribución de corriente y potencial en celdas electroquímicas.</p> <p>Lectura de artículos técnicos o capítulos de libro relacionados y entrega de los cuestionarios contestados asignados.</p> <p>Cuestionarios contestados de los videos</p> |  |                  |



|   |   |  |   | asignados o las lecturas de artículos técnicos asignados para el aprendizaje y manejo del programa COMSOL. |  |
|---|---|--|---|--|--|
| Actividades del docente   | Actividades del estudiante  | Evidencia de la actividad  | Recursos materiales y   | Tiempo destinado   |  |
| <p>Exposición oral por parte del profesor de los temas relacionados con la distribución de corriente y potencial.</p> <p>Resolución de ejercicios por el profesor y los estudiantes de manera individual o en grupo.</p> <p>Enseñanza por parte del profesor del manejo del programa comercial COMSOL.</p> <p>Revisión de videos tutoriales para el manejo del programa COMSOL y aclaración de dudas.</p> | <p>Solución de problemas relacionados con el tema de la distribución de corriente y potencial de forma individual o en grupo.</p> <p>Lectura de artículos técnicos, entrega de cuestionarios asignados y la discusión conjunta del material entre el profesor y los alumnos.</p> <p>Visualización en Youtube de tutoriales para el manejo del programa COMSOL y desarrollo de un programa para la solución de un problema específico.</p> | <p>Tareas desarrolladas por los estudiantes de distribución de corriente y potencial.</p> <p>Cuestionarios contestados sobre las lecturas técnicas asignadas.</p> <p>Cuestionarios sobre videos asignados para visualizar en Youtube u otras fuentes para el manejo de COMSOL.</p> | <p>Uso de pintarrón y plumones.</p> <p>Uso de cañon, pintarrón, y plumones</p> <p>Presentaciones de los temas de distribución de corriente y potencial utilizando pp.</p> | 10 horas   |  |

| Unidad temática 3:   |   |   |
|--|---|---|
| <p><b>Objetivo de la unidad temática:</b> Discutir los modelos primitivos de la doble capa eléctrica que existen: el modelo de Helmholtz, el modelo de Gouy y Chapman y la modificación de Stern.</p> <p><b>Introducción:</b> La doble capa eléctrica es un término que describe el arreglo que tienen los iones solvatados en la solución, con los dipolos de solvente orientados, cuando se aproximan un ión a la superficie del electrodo cargado eléctricamente, de tal forma, que se establecen dos capas de carga opuesta separados por una distancia de orden molecular. Tienen un efecto de acumulación de carga en la interfase y aparece en las mediciones de diferentes técnicas electroquímicas.</p> |   |   |
| Contenido temático   | Saberes involucrados  | Producto de la unidad temática  |
| <p><b>Unidad 3. Doble Capa Eléctrica e Espectroscopia de Impedancia Electroquímica (EIS)</b></p> <p>3.1. Modelo de Helmholtz</p> <p>3.1.1. Resultados de Grahame</p> <p>3.2. Modelo de Gouy-Chapman</p> <p>3.2.1. Distribución de potencial en la capa difusa</p> <p>3.2.2. Relación entre la densidad de carga y el</p>   | <p>El estudiante conocerá los diferentes modelos que describen el comportamiento de la doble capa eléctrica.</p> <p>Aprenderá a predecir el espesor de la doble capa eléctrica.</p> <p>Conocerá las técnicas para obtener el valor de la capacitancia de la doble capa eléctrica y discernir sobre procesos farádicos y no farádicos.</p> | <p>Tarea con ejercicios de la doble capa eléctrica.</p> <p>Lectura de artículos científicos o técnicos relacionados con el tema.</p> <p>Cuestionarios contestados sobre la lectura de artículos y videos en línea sobre los sistemas industriales discutidos.</p> |





## UNIVERSIDAD DE GUADALAJARA

| <p>potencial en la superficie del electrodo</p> <p>3.2.3. Capacitancia diferencial</p> <p>3.3. Modelo de Stern</p> <p>3.4. Espectroscopia de Impedancia Electroquímica (EIS)</p> <p>3.4.1. Fundamentos</p> <p>3.4.2. Gráfico de Nyquist</p> <p>3.4.3. Gráfico de Bode</p> <p>3.4.4. Circuitos equivalentes</p> <p>3.4.5. Instrumentación</p> <p>3.4.6. Aplicaciones</p> |  | <p>Aprenderá las técnicas para la evaluación de las propiedades de doble capa eléctrica que incluyen Espectroscopia de Impedancia Electroquímica, cronoamperometría y cronocoulombimetría.</p>   |   |
|---|--|--|---|
| Actividades del docente   | Actividades del estudiante   | Evidencia o de la actividad  | Recursos materiales y Tiempo destinado  |
| <p>Exposición oral por parte del profesor de los temas fundamentales sobre la doble capa eléctrica</p> <p>Resolución de ejercicios por parte del profesor y los estudiantes de manera individual o en grupo sobre la doble capa eléctrica.</p> <p>Visualización de videos o presentaciones en pp de de los modelos de la doble capa eléctrica.</p>                      | <p>Solución de problemas relacionados con la doble capa eléctrica de forma individual o en grupo.</p> <p>Lectura de artículos técnicos, contestando los cuestionarios asignados, que requieren la lectura.</p> <p>Discusión conjunta entre el profesor y los alumnos sobre la lectura de artículos y capítulos de libro.</p> | <p>Tareas desarrolladas por los estudiantes sobre la doble capa eléctrica.</p> <p>Cuestionarios contestados sobre las lecturas técnicas asignada.</p> <p>Registro de notas y los <i>in prontu</i> de preguntas y respuestas en clase y de participación.</p> | <p>Uso de pintarrón y plumones.</p> <p>Uso de cañon, pintarrón, y plumones</p> <p>Presentaciones en pp de los temas y discusión en clase de los temas de interés.</p> <p>Lectura y discusión conjunta de artículos entre profesor y alumnos.</p> <p style="text-align: center;">8 horas</p> |

### Unidad temática 4:

**Objetivo de la unidad temática:** Discutir los mecanismos y procesos de electrodeposición, electrocristalización, electromaquinado y electrodisolución y



## UNIVERSIDAD DE GUADALAJARA

sus aplicaciones industriales.

**Introducción:** Una de las aplicaciones más comunes de la electroquímica es la formación de electrodepósitos de un metal sobre otro o la modificación de la superficie del metal base por algún procedimiento de oxidación con el objetivo de protegerlo o impartirle alguna funcionalidad distinta, e.g., conductividad, resistencia a la corrosión, o el desgaste. La aplicación de los electrodepósitos involucra a casi todos los metales de uso común en ingeniería. Los procesos de electrodisolución y maquinado consisten en un proceso inverso a la electrodeposición y se emplea para fabricar moldes y cavidades de formas intrincadas y también tiene un uso en la industria electroquímica amplio.

| Contenido temático | Saberes involucrados | Producto de la unidad temática |
|--------------------|----------------------|--------------------------------|
|--------------------|----------------------|--------------------------------|



| <p><b>Unidad 4. Electrodepósitos, electrodisolución y electromaquinado</b></p> <p>4.1 Seminarios de STM y SECM<br/>         4.2 Nucleación y crecimiento de películas delgadas<br/>         4.2 Métodos de preparación de superficies<br/>         4.3 Aplicación de recubrimientos metálicos<br/>         4.4 Electrólisis sin corriente, “Electroless”<br/>         4.5 Anodizado de superficies<br/>         4.6 Electrodisolución<br/>         4.7 Electromaquinado</p> |  | <p>El estudiante conocerá las nuevas técnicas de barrido para visualizar superficies a escala atómica y estudiar procesos de electrocristalización y adsorción de aditivos.</p> <p>Aprenderá sobre procesos de nucleación y crecimiento de nuevas fases cristalinas y los modelos de predicción de estructuras y nucleación.</p> <p>Conocerá los métodos de preparación de superficies antes de una electrodeposición, e.g., desbastado, lijado, pulido y abrillantado, limpieza alcalina, electrolimpieza, activación y electrodeposición, los efectos de aditivos como agentes niveladores, abrillantadores y tensoactivos, en los baños y los mecanismos de acción.</p> <p>Analizará y solucionará los problemas que se presentan en la industria de la galvanoplastia, como falta de poder cubriente, potencia del depósito, quemado, congelado, barras, manchas, empañado y contaminación.</p> <p>Conocerá la normatividad sobre recubrimientos metálicos. en la industria en términos de espesores, adherencia, brillo y otros y el manejo de la celda Hull y Haring Blum para evaluar la potencia del depósito.</p> <p>Aprenderá alternativas para electrodepositar metales en sustratos no conductores como electrodepósito sin corriente “electroless” y la modificación de superficies por oxidación, i.e., anodizado y coloreado y modificación superficial.</p> <p>Aprenderá sobre procesos de electrodisolución y electromaquinado de piezas y sus aplicaciones industriales.</p> <p>Electrodepositará películas metálicas, modificará superficies conductoras y no conductoras y valorará las propiedades de los recubrimientos con base a la normatividad.</p> | <p>Lectura de artículos científicos o técnicos relacionados con el tema.</p> <p>Cuestionarios respondidos sobre la lectura de los artículos y videos en línea asignados para revisión de los sistemas electroquímicos industriales.</p> |                  |
|---|--|---|---|------------------|
| Actividades del docente   | Actividades del estudiante   | Evidencia o de la actividad   | Recursos materiales y   | Tiempo destinado |
| <p>Exposición oral por parte del profesor de los temas de electrodeposición, modificación superficial, electrodisolución y electromaquinado.</p> <p>Resolución de ejercicios por parte del profesor y los estudiantes de manera individual o en grupo en relación a las técnicas de electrodeposición, modificación superficial, electrodisolución y electromaquinado.</p>  | <p>Resolución de problemas relacionados con electrodeposición, modificación superficial, electrodisolución y electromaquinado de forma individual o en grupo.</p> <p>Lectura de artículos técnicos, contestando los cuestionarios asignados.</p> <p>Discusión conjunta entre el profesor y los alumnos sobre</p> | <p>Tareas desarrolladas por los estudiantes sobre electrodeposición, modificación superficial, electrodisolución y electromaquinado.</p> <p>Cuestionarios contestados sobre las lecturas técnicas</p>   | <p>Uso de pintarrón y plumones.</p> <p>Uso de cañón, pintarrón, y plumones</p> <p>Presentaciones en pp de los temas y discusión en clase de los temas.</p>  | <p>12 horas</p>  |



# UNIVERSIDAD DE GUADALAJARA

|   |   |   |  |  |
|---|---|---|--|--|
| <p>Planteamiento de casos de estudio, lluvia de ideas y solución conjunta de problemas de electrodeposición, modificación superficial, electrodisolución y electromaquinado.</p> <p>Visita industrial guiada por el profesor a una empresa local relacionada con los temas discutidos, e.g., Galvizadora de Occidente, Penwalt, anodizados Santa María u otras.</p> <p>Visualización de videos o presentaciones pp de los procesos de electrodeposición, electromaquinado y electrodisolución.</p>  | <p>la lectura de artículos y capítulos de libro.</p> <p>Exposición en clase de los artículos asignados por parte de los estudiantes por sorteo.</p> | <p>asignadas.</p> <p>Registro de notas y del <i>in promptu</i> de preguntas y respuestas en clase y de participación.</p> | <p>Lectura de artículos especializados.</p> <p>Lectura y discusión conjunta de artículos entre profesor y alumnos.</p> |  |
| <b>Unidad temática 5:</b>   |   |   |  |  |
| <p><b>Objetivo de la unidad temática:</b> Discutir los temas de electrólisis, electrosíntesis y electrorefinado y electrorecuperación de metales, que son parte esencial de la industria electroquímica.</p>  |   |   |  |  |
| <p><b>Introducción:</b> Los procesos de electrólisis, electrosíntesis y electrorefinado y electrorecuperación incluyen a industrias que operan en solución, sal fundida y medios orgánicos y responden a la mayor capacidad instalada de la industria electroquímica mundial. Los productos de esta industria impactan en la producción de materias primas para otras empresas, producción de cloro, sosa, gases como H<sub>2</sub> y O<sub>2</sub>, oxidantes orgánicos, nailon y otros. La recuperación de metales de fuentes primarias, e.g., minerales y secundarias, e.g., chatarra electrónica y otros.</p> |   |   |  |  |
| <b>Contenido temático</b>   | <b>Saberes involucrados</b>   | <b>Producto de la unidad temática</b>   |  |  |



| <p><b>Unidad 5. Electrólisis, electrosíntesis, electrorefinado y electrorecuperación</b></p> <p>5.1 Introducción a procesos electroquímicos industriales</p> <p>5.2 Electrólisis, industria cloro-álcali</p> <p>5.3 Electrosíntesis</p> <p>5.1.1 Inorgánica</p> <p>5.1.2 Orgánica</p> <p>5.1.2 Proceso Monsanto producción de nailon</p> <p>5.4 Electrorefinado de metales en sal fundida, proceso Hall-Heroult.</p> <p>5.5 Electrorecuperación de metales, minerales y chatarra electrónica.</p> <p>5.6 Electrorefinado de plata, celda Balbach-Thum</p> |  | <p>El estudiante conocerá las industrias electroquímicas más relevantes que existen en términos de su capacidad instalada e incluyen electrolisis, e.g., industria cloro-álcali, electrosíntesis, e.g., proceso Monsanto para la producción de nailon, el electrorefinado de metales como la plata, e.g., Balbach-Thum, oro, cinc, níquel y cobre.</p> | <p>Lectura de artículos y capítulos de libro relacionados con la industria electroquímica.</p> <p>Visualización de procesos electroquímicos industriales en los temas de electrolisis, electrorefinado y electrorecuperación y su discusión en clase.</p> <p>Cuestionarios contestados de las lecturas y videos asignados.</p> <p>Lectura conjunta profesor-alumno y discusión de artículos asignados.</p> |                  |
|---|--|--|--|------------------|
| Actividades del docente   | Actividades del estudiante   | Evidencia de la actividad  | Recursos materiales y  | Tiempo destinado |
| <p>Exposición oral realizada por parte del profesor de los temas de electrosíntesis, electrorefinado y electrorecuperación.</p> <p>Visualización de videos o presentaciones con una discusión del profesor abundando sobre los temas más relevantes o de mayor dificultad de entendimiento.</p> <p>Planteamiento de casos de estudio, lluvia de ideas y solución conjunta de problemas.</p>   | <p>Lectura de artículos técnicos y entrega de cuestionarios asignados contestados.</p> <p>Discusión conjunta entre el profesor y los alumnos sobre las lecturas asignadas.</p> <p>Exposición en clase de los artículos asignados de forma aleatoria.</p> | <p>Cuestionarios respondidos de las lecturas o de los videos asignados en youtube y otras fuentes.</p> <p>Registro de notas y del <i>in proutu</i> de preguntas y respuestas en clase y de participación.</p>  | <p>Uso del pizarrón y plumones de forma convencional.</p> <p>Presentaciones de los temas utilizando pp y estrategias modernas de enseñanza.</p> <p>Lectura y discusión de artículos en conjunto profesor y estudiantes.</p>  | <p>10 horas</p>  |
| <b>Unidad temática 6:</b>   |  |  |  |                  |



**Objetivo de la unidad temática:** Discutir los métodos de fabricación, mecanismos de operación y aplicaciones de las baterías y celdas de combustible.

**Introducción:** Las baterías y celdas de combustible son dispositivos que se utilizan para almacenar energía en forma química que puede ser transformada en energía eléctrica después de una demanda. Existen dos tipos de baterías las primarias que son utilizadas una sola vez y las secundarias o recargables que pueden utilizarse varias veces.

| Contenido temático   |  | Saberes involucrados  |  | Producto de la unidad temática  |  |
|--|--|---|--|---|--|
| <p><b>Unidad 6. Interconversión de energía: Baterías y Celdas de combustible</b></p> <p>6.1 Baterías primarias</p> <p>6.1.1 Aspectos generales y nomenclatura</p> <p>6.1.2 Tipos y aplicaciones de baterías</p> <p>6.1.2 Componentes</p> <p>6.1.3 Ventajas y desventajas</p> <p>6.1.4 Aplicaciones</p> <p>6.2 Baterías secundarias</p> <p>8.2.1 Aspectos generales y nomenclatura</p> <p>8.2.2 Baterías del automóvil</p> <p>8.2.3 Pilas recargables</p> <p>8.1.4 Manejo y disposición de baterías</p> <p>6.3 Celdas de combustible convencionales y microbianas</p> <p>6.3.1 Aspectos generales</p> <p>6.3.2 Tipos y aplicaciones de celdas de combustible</p> <p>6.3.1 Aplicaciones avanzadas</p> <p>8.3.2 Datos del mercado</p> |  | <p>El estudiante conocerá los diferentes tipos de baterías primarias y secundarias que existen.</p> <p>El estudiante conocerá la jerga propia de las baterías y la manera de evaluar sus características</p> <p>El estudiante podrá predecir las caídas de potencial y los parámetros cinéticos en baterías.</p> <p>El estudiante conocerá las celdas de combustible y su aplicación en el desarrollo de sistemas de almacenamiento de energía más convenientes en términos de una menor contaminación ambiental.</p> |  | <p>Lectura de artículos científicos o técnicos relacionados con baterías y celdas de combustible</p> <p>Cuestionarios contestados de las lecturas sobre baterías y celdas de combustible asignadas.</p> |  |
| Actividades del docente  | Actividad del estudiante   | Evidencia de la actividad   | Recursos materiales y                              | Tiempo destinado  |  |
| Exposición oral realizada por parte del profesor de los temas fundamentales de baterías y celdas de combustible.   | Solución de problemas relacionados con tema de forma personalizada o en grupo.<br><br>Lectura de artículos técnicos, contestando los | Tareas desarrolladas por los estudiantes de baterías y celdas de combustible.   | Uso del pizarrón y plumones de forma convencional. | 8 horas   |  |



# UNIVERSIDAD DE GUADALAJARA

|   |   |  |   |  |
|---|---|--|---|--|
| <p>Visualización de videos en Youtube sobre fabricación de baterías y celdas de combustible.</p> <p>Visualización de videos en Youtube construcción, operación y aplicación de celdas de combustible.</p> <p>Demostración en clase de la operación de celdas de combustible con prototipos de laboratorio.</p> <p>Resolución de ejercicios de ejemplo por parte del profesor y la realización de ejercicios en clase de manera individual o en grupo de los estudiantes con apoyo del profesor.</p> <p>Planteamiento de casos de estudio, lluvia de ideas y solución conjunta de problemas.</p> <p>Visualización de videos o presentaciones con una discusión del profesor abundando sobre los temas más relevantes o de mayor dificultad de entendimiento.</p> | <p>cuestionarios asignados, que requieren la lectura y el entendimiento del artículo, pequeñas deducciones o cálculos relacionados.</p> <p>Discusión conjunta entre el profesor y los alumnos sobre los ejercicios de lectura y ejercicios resueltos en clase de manera individual o colectiva.</p> <p>Exposición en clase de los artículos asignados de forma aleatoria.</p> | <p>Cuestionarios contestados de las lecturas o de los videos asignados en youtube y otras fuentes.</p> | <p>Presentaciones de los temas en pp y otras estrategias modernas de enseñanza, e.g. análisis de casos de aplicación de baterías y celdas de combustible.</p> <p>Discusión de artículos entre profesor y los estudiantes.</p> |  |
|   |   |  |   |  |



**Unidad temática 7:**

**Objetivo de la unidad temática:** Discutir las estrategias existentes para el tratamiento de contaminantes en suelos y efluentes industriales empleando métodos electroquímicos.

**Introducción:** Los métodos electroquímicos de tratamiento de efluentes son alternativas viables para el tratamiento de diversos contaminantes, los modos de acción incluyen la generación *in situ* de agentes oxidantes fuertes para reducir cargas bacterianas presentes, e.g., O<sub>3</sub> y Cl<sub>2</sub>, procesos de electrocoagulación para la eliminación de metales y colorantes, la generación de micro burbujas de gas (H<sub>2</sub> y O<sub>2</sub>) para sobrenadar y remover grasas y procesos de oxidación avanzada, a base de reactivo de Fenton, y los métodos fotoelectroquímicos para el tratamiento de contaminantes persistentes empleando semiconductores, e.g., TiO<sub>2</sub> y luz solar

| Contenido temático  |  | Saberes involucrados   |  | Producto de la unidad temática   |  |
|---|--|--|--|--|--|
| <b>Unidad 7. Electroquímica Ambiental</b><br><br>7.1 Introducción a la Electroquímica Ambiental<br>7.2 Electrorremediación de suelos<br>7.2.1 Electrólisis directa e indirecta<br>7.4 Tecnologías basadas en la reacción de Fenton,<br>7.5 Electrofenton y Fotoelectrofenton<br>7.6 Electrooxidación y Fotoelectrooxidación avanzada de contaminantes<br>7.7 Electrocoagulación y Electrofloclulación |  | El estudiante conocerá los diferentes métodos de tratamiento de efluentes electroquímicos que existen.<br><br>Tendrá capacidad para discernir el método más adecuado para el tratamiento de efluentes.<br><br>El estudiante podrá sugerir métodos adecuados para el tratamiento de efluentes en función del tipo de contaminante presente. |  | Lectura de artículos científicos o técnicos relacionados con el tema.<br><br>Visualización de tutoriales sobre procesos de tratamiento de efluentes industriales.<br><br>Contestar cuestionarios de videos en línea de relacionados con el tratamiento de aguas.<br><br>Discusión en clase de artículos asignados como lecturas de parte de los estudiantes y el profesor. |  |
| Actividades del docente   | Actividad del estudiante   | Evidencia de la actividad  | Recursos materiales y  | Tiempo destinado   |  |
| Exposición oral realizada por parte del profesor de los temas fundamentales de tratamiento de aguas y suelos por métodos electroquímicos.<br><br>Visualización de videos o presentaciones con una discusión del profesor profundizando en los temas más relevantes o de mayor dificultad.<br><br>Discusión de casos de estudio, lluvia de ideas y solución conjunta de problemas.                     | Contestar cuestionarios de las lecturas sobre métodos electroquímicos de tratamiento de aguas.<br><br>Discusión conjunta entre el profesor y los alumnos sobre los ejercicios de lectura y ejercicios resueltos en clase de manera individual o colectiva.<br><br>Exposición en clase de los artículos asignados de forma aleatoria. | Tareas desarrolladas por los estudiantes.<br><br>Cuestionarios contestados de las lecturas o de los videos asignados en youtube y otras fuentes.<br><br>Registro de notas del <i>in prontu</i> de preguntas y respuestas en clase y de participación.  | Uso del pizarrón y gis de forma convencional.<br><br>Presentaciones de los temas utilizando power point y estrategias modernas.<br><br>Discusión de artículos entre profesor | 8 horas  |  |





| <b>5. EVALUACIÓN Y CALIFICACIÓN</b>  |   |  |                    |
|--|---|--|--------------------|
| <b>Requerimientos de acreditación:</b>   |   |  |                    |
| La aprobación de la unidad temática requiere aprobar los exámenes, el cumplimiento en las tareas, lecturas técnicas y videos asignados y el cumplimiento del proyecto integrador y final.  |   |  |                    |
| <b>Criterios generales de evaluación:</b>  |   |  |                    |
| La evaluación del curso se hace con base a las tareas, lectura de artículos (cuestionarios), exámenes, proyecto integrador y proyecto final del curso. Este último será considerado como un examen parcial más e incluirá la elaboración del protocolo, presentación del proyecto por escrito, la presentación oral ante sus compañeros y el profesor. La evaluación del proyecto final tomará en cuenta los conocimientos adquiridos por el estudiante (evaluado por interrogatorio), la originalidad y profundidad del proyecto y la presentación y tiempo de exposición que será de 15 min y 5 min de preguntas y respuestas. |   |  |                    |
| <b>Evidencias o Productos</b>  |   |  |                    |
| <b>Evidencia o producto</b>  | <b>Competencias y saberes involucrados</b>  | <b>Contenidos temáticos</b>  | <b>Ponderación</b> |
| <b>Tareas asignadas, problemas de cómputo, lectura de artículos y cuestionarios asignados</b>  | <p>Solución de problemas, capacidad de análisis y síntesis de información.</p> <p>Asimilación de información escrita, visual y oral.</p> <p>Desarrollo de pensamiento independiente y de grupo.</p> <p>Comunicación oral y escrita clara, correcta y eficiente.</p> | Todos los temas discutidos en clase.   | <b>30%</b>         |
| <b>Proyecto integrador</b>   | Solución de problemas reales, capacidad de búsqueda de información, lectura, comprensión y aplicación, manejo de programas de cómputo y trabajo en equipo.  | Tema sugerido por el profesor sobre técnicas electroanalíticas o procesos electroquímicos industriales.                                | <b>20%</b>         |
| <b>Examen I</b>  | Capacidad de análisis y síntesis, solución de problemas, capacidad de retención y discernimiento.   | Incluye todos los temas discutidos en el curso y lecturas asignadas.   | <b>15%</b>         |
| <b>Proyecto final</b>  | Solución de un problema real, búsqueda y selección de información, lectura y asimilación, aplicación de programas de cómputo y diseño, experimentación, escritura de protocolo y presentación oral y escrita del proyecto final.                                    | Tema sugerido por el estudiante con base a sus propios intereses con la única condición de que esté relacionado con la electroquímica. | <b>20%</b>         |



| Producto Integrador Final  |  |                           |
|--|--|---------------------------|
| Descripción  | Evaluación   |                           |
| <p><b>Título: Proyecto Integrador final (II)</b></p> <p><b>Objetivo:</b> El proyecto final (II) tiene como objetivo poner en práctica los conocimientos adquiridos en los cursos de Electroquímica I y II, y otras unidades académicas afines. Está orientado a responder una inquietud del estudiante en el área de la electroquímica, la explicación de un fenómeno electroquímico, la generación de conocimiento nuevo, la mejora o innovación de algún procedimiento de práctica, desarrollar prácticas de laboratorio nuevas o resolver algún problema de carácter industrial o científico de interés en cualquier ámbito de la electroquímica elegido.</p> | <p><b>Criterios de fondo:</b></p> <p>Los proyectos son evaluados en diferentes rubros y la calificación final cuenta como un examen parcial. El estudiante deberá registrar su tema dentro de los dos primeros meses del curso con el profesor y tendrá que presentar un reporte de avances mensual hasta concluirlo. El estudiante tendrá que escribir su protocolo, dar seguimiento mensual con su bitácora y al término del proyecto tendrá que hacer una presentación final de su trabajo ante el grupo. Los proyectos podrán ser individuales o de grupo, con la participación de un máximo de 3 estudiantes por grupo.</p> | <p><b>Ponderación</b></p> |
| <p><b>Caracterización</b></p> <p>La primer parte del proyecto involucra la elaboración de un Protocolo del proyecto, que deberá incluir los siguientes puntos y ser entregado en el primer mes de clases:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Título del proyecto</li> <li>• Objetivo general</li> <li>• Introducción</li> <li>• Propuesta</li> <li>• Calendario de actividades</li> <li>• Bibliografía</li> </ul> <p>La segunda parte comprende el desarrollo y presentación del proyecto final de forma escrita y mediante una exposición ante sus compañeros de grupo, en donde el ponente o grupo de ponentes serán interrogados sobre el tema.</p> | <p><b>Temáticas</b></p> <p>Técnicas electroanalíticas<br/>           Sensores<br/>           Electroquímica de minerales<br/>           Reactores electroquímicos<br/>           Tratamiento de aguas<br/>           Bebidas espirituosas y su relación con metales<br/>           Electroodos selectivos de iones<br/>           Bioelectroquímica<br/>           Corrosión<br/>           Baterías<br/>           Celdas de combustible<br/>           Galvanoplastia</p>  | <p>%</p>                  |



|  |  |  |
|--|--|--|
|  | <p>Tratamiento superficial<br/>         Anodizado y modificación de superficies<br/>         Electromaquinado<br/>         Electroerosión<br/>         Anodizado y coloreado de aluminio<br/>         Microscopía fotoelectroquímica de barrido<br/>         Electrofisiología<br/>         Microelectrodos<br/>         y otros</p> <p><b>Criterios de forma:</b></p> <p>Deberá hacerse una presentación final en pp de los resultados del proyecto ante sus compañeros, se evaluará la presentación, originalidad, conocimientos y profundidad de los temas tratados y el tiempo de la presentación.</p> |  |
|--|--|--|

| Otros criterios                           |   |             |
|---|---|-------------|
| Criterio                                  | Descripción   | Ponderación |
| Originalidad y profundidad                | Los proyectos originales propuestos por los estudiantes son más valorados que aquellos derivados de información y experimentos reportados en la literatura.                                 | 30%         |
| Presentación ante el grupo                | La presentación debe cumplir con el formato típico: filiación de autores, objetivos, hipótesis, introducción o antecedentes, métodos experimentales, resultados y discusión y conclusiones. | 30%         |
| Conocimientos y profundidad sobre el tema | La profundidad del tema depende de la literatura consultada, resultados y avances alcanzados.   | 30%         |
| Tiempo de presentación                    | El cumplimiento de los tiempos es tomando en cuenta en la presentación y será limitado a 15 min de exposición y 5 de preguntas y respuestas.  | 10%         |

**6. REFERENCIAS Y APOYOS****Referencias bibliográficas****Referencias básicas**

| <b>Autor (Apellido, Nombre)</b>        | <b>Año</b> | <b>Título</b>   | <b>Editorial</b>      | <b>Enlace o biblioteca virtual donde esté disponible (en su caso)</b> |
|--|------------|---|-----------------------|---|
| Pletcher Derek y Walsh Frank C.        | 1990       | Industrial Electrochemistry                             | Chapman and Hall      | Disponible en pdf   |
| F. Coeuret                             | 1992       | Introducción a la Ingeniería Electroquímica             | Reverté               | Disponible en pdf   |
| Mantell C.L.                           | 1980       | Ingeniería Electroquímica                               | Editorial Reverté     | Disponible en pdf   |
| Nasser Kanani                          | 2006       | Electroplating Basic Principles, Processes and Practice | ATOTECH Elsevier      | Disponible en pdf   |
| Lawrence J. Durney                     | 1984       | Electroplating Engineering Handbook                     | Van Nostrand Reinhold | Disponible en pdf   |
| José Fullea García                     | 1998       | Acumuladores Electroquímicos                            | McGraw Hill           | Disponible en pdf   |
| Bard Allen J. and Faulkner Larry R.    | 1992       | Electrochemical Methods: Fundamentals and Applications  | John Wiley and Sons   | Disponible en pdf   |
| <b>Referencias complementarias</b>     |            |   |                       |   |
| John Newman                            | 1986       | Electrochemical Systems                                 | Prentice-Hall         | Disponible en pdf   |
| Milan Paunovic y Mordechay Schlesinger | 2006       | Fundamentals of Electrochemical deposition              | Wiley-Interscience    | Disponible en pdf   |
| Luis Esquivel Lesur                    | 1999       | Manual de Recubrimientos metálicos                      | Trillas               | Disponible en pdf   |



# UNIVERSIDAD DE GUADALAJARA

|                                  |      |  |                  |                   |
|----------------------------------|------|--|------------------|-------------------|
| Greg Valero                      | 2012 | Metal Finishing  | Metal Finishing  | Disponible en pdf |
| S. Wernick                       | 1965 | Acabados y tratamientos superficiales de aluminio y sus aleaciones | Gráficas Canales | Disponible en pdf |
| E. A. Ollard y E.B. Smith        | 1963 | Manual de recubrimientos electrolíticos industriales               | CECSA            | Disponible en pdf |
| J. O'M. Bockris and A.K.N. Reddy | 1970 | Modern Electrochemistry, Vols. 1 and 2                             | Plenum Press     | Disponible en pdf |
| M.M. Baizer                      |      | Organic Electrochemistry   |                  | Disponible en pdf |
| M.W. Breiter                     |      | Electrochemical Processes in Fuel Cells                            |                  | Disponible en pdf |
| D. Shekhawat                     | 2011 | Fuel Cells. Technologies for fuel processing                       | Elsevier         | Disponible en pdf |

## Apoyos (videos, presentaciones, bibliografía recomendada para el estudiante)

**Unidad temática 1:** Transporte de masa en celdas

Mass Transport

<https://www.youtube.com/watch?v=zXtIpfBSRFk>

Heat and Mass Transfer-Unsteady State Difusion into Semi Infinite Slab

[https://www.youtube.com/watch?v=ZivT1\\_b6k8](https://www.youtube.com/watch?v=ZivT1_b6k8)

Heat and Mass Transfer –Difusion/convection equation

<https://www.youtube.com/watch?v=6hmqOFITPbs>

COMSOL: Time dependent diffusion of species from line sources in 2D pipe flow (Part 1)

<https://www.youtube.com/watch?v=FX2rCdgNmHQ>



KISSA-1D Electrochemical Simulation Tutorial, Adsorption  
<https://www.youtube.com/watch?v=dMTEtJTTEGM>

**Unidad temática 2:** Distribución de corriente y potencial

Current and potential distribution for a freely corroded disk electrode  
<https://www.youtube.com/watch?v=o7cnnNA-IRk>

Physics Gauss Law (3 o 4) Variable Charge Distribution: infinite slab  
<https://www.youtube.com/watch?v=H72xpjt24UE>

COMSOL multiphysics for beginners  
[https://www.youtube.com/results?search\\_query=comsol](https://www.youtube.com/results?search_query=comsol)

Heat Transfer in Solids and Fluids with Comsol Multiphysics  
<https://www.youtube.com/watch?v=dcrIHS1a690>

**Unidad temática 3:** Doble capa eléctrica y Espectroscopia de Impedancia Electroquímica (EIS)

La capacidad de la doble capa  
<https://www.youtube.com/watch?v=a3DWd6PJs8>

Double Layer Effects on Electron Transfer Rates  
<https://www.youtube.com/watch?v=zTYb3-Y7Pb4>

Lecture 22: Electrical Double Layer (EDL)  
[https://www.youtube.com/results?search\\_query=double+layer](https://www.youtube.com/results?search_query=double+layer)

Metropolis Monte Carlo simulation based on the primate model  
<https://www.youtube.com/watch?v=tq7jPcv7qRI>

**Unidad temática 4:** Electrodepósitos, electrodisolución y electromaquinado

Electroplating  
<https://www.youtube.com/watch?v=L8HWAK7TQ-Q>

Coventya Plating on Plastics (POP) process  
<https://www.youtube.com/watch?v=Ny6LcgV5qJY>

Motorcycle Chrome Plating



<https://www.youtube.com/watch?v=438eZh06zm4>

How electrochemical machining works

<https://www.youtube.com/watch?v=Ej-GWNPYFVM>

**Unidad temática 5:** Electrólisis, electrosíntesis, electrorefinado y electrorecuperación

Electrosynthesis

<https://www.youtube.com/watch?v=NBMJUjRoH9c>

Organic Electrolytic Synthesis

<https://www.youtube.com/watch?v=YIB0ilzBFSc>

Conducting Polymers: Electrosynthesisi Electrochromism Artificial Muscles and Electrodisolution

[https://www.youtube.com/watch?v=B26a-\\_OH81s](https://www.youtube.com/watch?v=B26a-_OH81s)

Proceso de elaboración del cloro

<http://www.youtube.com/watch?v=T7cBkI3N2-Q>

Así se hace – aluminio

<http://www.youtube.com/watch?v=iN7dHgyYDm4>

Aluminum extraction

<http://www.youtube.com/watch?v=WaSwimvCGA8&feature=relmfu>

Proceso de elaboración del cloro

<http://www.youtube.com/watch?v=T7cBkI3N2-Q>

Copper mining and refining (redox)

<https://www.youtube.com/watch?v=M2hjv6FS67g>

How to refine precious metals Precipitation Electrometallurgy Part 1 Leaching

<https://www.youtube.com/watch?v=4J4nLdmcZzw>

How to refine precious metals Precipitation Electrometallurgy Part 3

[https://www.youtube.com/watch?v=0lfTtP6lIT8&list=PLYoAAsPrpWhK-CntCBDshs6BsDm6\\_oWLg](https://www.youtube.com/watch?v=0lfTtP6lIT8&list=PLYoAAsPrpWhK-CntCBDshs6BsDm6_oWLg)

Fire Assay Explained- The Workhorse of Precious Metal Analysis - Gold, Silver and PGMs

<https://www.youtube.com/watch?v=5Y4qqCeyQ88>



Aluminum extraction Chemistry in action  
<https://www.youtube.com/watch?v=jOKMkaqPZvc>

**Unidad temática 6:** Interconversión de energía: Baterías y Celdas de combustible

La fabricación de las baterías de plomo  
<https://www.youtube.com/watch?v=DFtepc9Tpmc>

Batteries Profesor de la Universidad de Utha  
<http://www.youtube.com/watch?v=ndykV3xRy7I&feature=related>

Así se hace-baterías de litio  
<http://www.youtube.com/watch?v=0MVAJGJhZH0>

Como se hacen las pilas  
<http://www.youtube.com/watch?v=OTFRFTX4pyI&feature=related>

Nanomaterials for Batteries & Energy Storage  
<http://www.youtube.com/watch?v=JB1Z9p9kyWE>

Cómo funciona una celda de combustible  
<http://www.youtube.com/watch?v=esuAIB4NVi0>

Microbial Fuel Technologies  
<https://www.youtube.com/watch?v=su6PfYeMrsI>

**Unidad temática 7:** Electroquímica Ambiental

The wavelonics electrocoagulation system  
<https://www.youtube.com/watch?v=1RQhMOSIFHU>

Photo Fenton reaction  
<https://www.youtube.com/watch?v=3m7-vS6yEOo>

Electrifying wastewater: Using Microbial Fuel Cells  
<https://www.youtube.com/watch?v=ZotwUJAb8R4>