



# ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA

## Guía Docente

Curso 2011-2012

Titulación

Ingeniería Química

### DATOS DE LA ASIGNATURA\*

\* Asignatura en experiencia piloto de implantación del sistema de créditos ECTS

<b>Nombre:</b>			
Electroquímica Industrial			
<b>Denominación en inglés<sup>1</sup>:</b>			
Industrial Electrochemistry			
<b>Código:</b>	<b>Año del Plan de Estudios:</b>	<b>Tipo:</b>	
440099030	Publicación BOE: 25-06-1999	<input type="checkbox"/> Troncal <input type="checkbox"/> Obligatoria <input checked="" type="checkbox"/> Optativa	
<b>Créditos:</b>			
	<b>Totales:</b>	<b>Teóricos:</b>	<b>Prácticos:</b>
Créditos L.R.U.	6,00	4,50	1,50
Créditos E.C.T.S.	5,2	3,9	1,3
<b>Departamento:</b>			
Ingeniería Química, Química Física y Química Orgánica			
<b>Área de Conocimiento:</b>			
Química Física			
<b>Curso:</b>	<b>Cuatrimestre:</b>	<b>Ciclo:</b>	
Tercero	2º Cuatrimestre	Primero	
<b>Web de la asignatura:</b>			
Página de la asignatura en Moodle			

<sup>1</sup> Para su inclusión en el Complemento Europeo al Título

### DATOS DE LOS PROFESORES

<b>Nombre:</b>	<b>e-mail:</b>	<b>Teléfono:</b>	<b>Despacho:</b>
Mercedes Ruiz Montoya	mmontoya@uhu.es	959218202	EX P4-N6-09

## DATOS ESPECÍFICOS DE LA ASIGNATURA

<b>1.1. Descriptores de la asignatura:</b>
Ingeniería electroquímica. Extracción, refinado y producción de metal. Electrolisis orgánica. Acabado de metales. Sensores electroquímicos. Procesos electroquímicos industriales
<b>1.2. Descriptores de la asignatura (en inglés)<sup>2</sup>:</b>
Electrochemical engineering. Metal extraction, refining and production. Organic electrolysis. Finished of metals. Electrochemical sensors. Industrial electrochemical processes
<sup>2</sup> Para su inclusión en el Complemento Europeo al Título
<b>2. Situación de la asignatura.</b>
<b>2.1. Prerrequisitos:</b>
<b>2.2. Contexto dentro de la titulación:</b>
Esta asignatura se plantea como una optativa de primer ciclo que sirve a los alumnos que la cursan para completar los conocimientos teóricos básicos de electroquímica que comienzan a adquirir en segundo curso en la asignatura "Química Física". Además, como aspecto más práctico se plantea el conocimiento de procesos electroquímicos industriales que están directamente relacionados con la industria electroquímica del polo químico de Huelva, lo que entronca directamente con la asignatura "Química Industrial"
<b>2.3. Recomendaciones:</b>
Haber cursado las asignaturas Química Física y Experimentación en Química II de 2º curso de la titulación

### 3. Competencias a adquirir por los estudiantes.

#### 3.1. Competencias transversales o genéricas.

##### 3.1.1. Competencias instrumentales:

<input checked="" type="checkbox"/> Alto	<input type="checkbox"/> Medio	<input type="checkbox"/> Bajo	Capacidad de análisis y síntesis.
<input type="checkbox"/> Alto	<input type="checkbox"/> Medio	<input type="checkbox"/> Bajo	Capacidad de organización y planificación.
<input checked="" type="checkbox"/> Alto	<input type="checkbox"/> Medio	<input type="checkbox"/> Bajo	Comunicación oral y escrita en lengua nativa.
<input checked="" type="checkbox"/> Alto	<input type="checkbox"/> Medio	<input type="checkbox"/> Bajo	Conocimiento de una lengua extranjera.
<input checked="" type="checkbox"/> Alto	<input type="checkbox"/> Medio	<input type="checkbox"/> Bajo	Capacidad de gestión de la información.
<input checked="" type="checkbox"/> Alto	<input type="checkbox"/> Medio	<input type="checkbox"/> Bajo	Resolución de problemas.
<input type="checkbox"/> Alto	<input type="checkbox"/> Medio	<input type="checkbox"/> Bajo	Toma de decisiones.
<input type="checkbox"/> Alto	<input type="checkbox"/> Medio	<input type="checkbox"/> Bajo	Conocimiento de informática en el ámbito de estudio.
<input type="checkbox"/> Alto	<input type="checkbox"/> Medio	<input type="checkbox"/> Bajo	Otras: Especificar.
<input type="checkbox"/> Alto	<input type="checkbox"/> Medio	<input type="checkbox"/> Bajo	Otras: Especificar.

##### 3.1.2. Competencias personales:

<input checked="" type="checkbox"/> Alto	<input type="checkbox"/> Medio	<input type="checkbox"/> Bajo	Trabajo en equipo.
<input type="checkbox"/> Alto	<input type="checkbox"/> Medio	<input type="checkbox"/> Bajo	Trabajo en un equipo de carácter interdisciplinar.
<input type="checkbox"/> Alto	<input type="checkbox"/> Medio	<input type="checkbox"/> Bajo	Trabajo en un contexto internacional.
<input checked="" type="checkbox"/> Alto	<input type="checkbox"/> Medio	<input type="checkbox"/> Bajo	Habilidades en las relaciones interpersonales.
<input type="checkbox"/> Alto	<input type="checkbox"/> Medio	<input type="checkbox"/> Bajo	Capacidad para comunicarse con expertos de otras áreas.
<input type="checkbox"/> Alto	<input type="checkbox"/> Medio	<input type="checkbox"/> Bajo	Reconocimiento a la diversidad y la multiculturalidad.
<input checked="" type="checkbox"/> Alto	<input type="checkbox"/> Medio	<input type="checkbox"/> Bajo	Razonamiento crítico.
<input checked="" type="checkbox"/> Alto	<input type="checkbox"/> Medio	<input type="checkbox"/> Bajo	Compromiso ético.
<input type="checkbox"/> Alto	<input type="checkbox"/> Medio	<input type="checkbox"/> Bajo	Otras: Especificar.
<input type="checkbox"/> Alto	<input type="checkbox"/> Medio	<input type="checkbox"/> Bajo	Otras: Especificar.

##### 3.1.3. Competencias sistémicas:

<input checked="" type="checkbox"/> Alto	<input type="checkbox"/> Medio	<input type="checkbox"/> Bajo	Aprendizaje autónomo.
<input type="checkbox"/> Alto	<input type="checkbox"/> Medio	<input type="checkbox"/> Bajo	Adaptación a nuevas situaciones.
<input checked="" type="checkbox"/> Alto	<input type="checkbox"/> Medio	<input type="checkbox"/> Bajo	Capacidad de aplicar los conocimientos en la práctica.
<input checked="" type="checkbox"/> Alto	<input type="checkbox"/> Medio	<input type="checkbox"/> Bajo	Habilidad para trabajar de forma autónoma.
<input type="checkbox"/> Alto	<input type="checkbox"/> Medio	<input type="checkbox"/> Bajo	Creatividad.
<input type="checkbox"/> Alto	<input type="checkbox"/> Medio	<input type="checkbox"/> Bajo	Liderazgo.
<input type="checkbox"/> Alto	<input type="checkbox"/> Medio	<input type="checkbox"/> Bajo	Conocimiento de otras culturas y costumbres.
<input type="checkbox"/> Alto	<input type="checkbox"/> Medio	<input type="checkbox"/> Bajo	Iniciativa y espíritu emprendedor.
<input checked="" type="checkbox"/> Alto	<input type="checkbox"/> Medio	<input type="checkbox"/> Bajo	Motivación por la calidad.
<input checked="" type="checkbox"/> Alto	<input type="checkbox"/> Medio	<input type="checkbox"/> Bajo	Sensibilidad hacia temas medioambientales.
<input type="checkbox"/> Alto	<input type="checkbox"/> Medio	<input type="checkbox"/> Bajo	Otras: Especificar.
<input type="checkbox"/> Alto	<input type="checkbox"/> Medio	<input type="checkbox"/> Bajo	Otras: Especificar.

#### 3.2. Competencias específicas.

##### 3.2.1. Competencias cognitivas (saber):

- Conocer las nociones básicas de ingeniería electroquímica
- Conocer las principales ecuaciones de la cinética electrónica
- Saber interpretar el mecanismo básico de los procesos de corrosión, la termodinámica y cinética de estos procesos y los métodos de inhibición
- Estudiar los distintos componentes de una celda electroquímica
- Conocer las características de los principales procesos electroquímicos industriales

##### 3.2.2. Competencias procedimentales e instrumentales (saber hacer):

- Saber resolver problemas de electroquímica de equilibrio y de cinética electrónica
- Saber seleccionar los componentes de un reactor electroquímico de acuerdo con el proceso electroquímico industrial que se desee llevar a cabo

##### 3.2.2. Competencias actitudinales (ser):

- Ser capaz de adaptarse al conocimiento de nuevas ideas
- Saber ejecutar ordenadamente una serie de etapas de cálculo

4. Objetivos:
El objetivo fundamental de esta asignatura es que el alumno adquiriera los conocimientos fundamentales de aquellos procesos y aplicaciones electroquímicas de mayor importancia a nivel industrial. Para ello es necesario introducir al alumno en el conocimiento de los aspectos teóricos de los fenómenos que ocurren en la interfase electrodo-disolución, puesto que es esta parte la que diferencia a estos procesos electroquímicos del resto de la industria química

5. Metodología (en horas de trabajo del estudiante):			
	Primer Cuatrimestre	Segundo Cuatrimestre	
	Presenciales		
Clases de teoría	0,0	31,5	
Clases de problemas	0,0	0,0	
Clases prácticas	0,0	10,5	
Actividades académicas dirigidas	0,0	18,0	
Exámenes	0,0	2,0	
	No presenciales		
Estudio de clases teóricas (factor de trabajo: 1,50)	0,0	47,2	
Estudio de clases de problemas y prácticas (factor de trabajo: 0,75)	0,0	7,8	
Preparación de actividades académicamente dirigidas y otras actividades	0,0	23,9	
<b>Total:</b>	<b>0,0</b>	<b>140,9</b>	
<b>Trabajo total del estudiante: 140,9 horas.</b>			
<b>Horas presenciales:</b>	<b>60,0</b>	<b>Horas no presenciales:</b>	<b>78,9</b>
		<b>Exámenes:</b>	<b>2,0</b>

6. Técnicas docentes.	
<b>6.1. Técnicas docentes utilizadas:</b>	
<input checked="" type="checkbox"/> Sesiones académicas de teoría <input checked="" type="checkbox"/> Sesiones académicas de problemas <input checked="" type="checkbox"/> Sesiones prácticas en laboratorio <input checked="" type="checkbox"/> Seminarios, exposiciones y debates <input checked="" type="checkbox"/> Trabajo en grupos reducidos <input checked="" type="checkbox"/> Resolución y entrega de problemas/prácticas <input type="checkbox"/> Realización de pruebas parciales evaluables <input checked="" type="checkbox"/> Otras: Dirección de correo electrónico <input type="checkbox"/> Otras: Especificar	
<b>6.2. Desarrollo y justificación:</b>	
<p><b>Sesiones académicas de teoría</b> Sesiones para todo el grupo de alumnos en las que el profesor explicará los contenidos teóricos fundamentales de cada tema</p> <p><b>Sesiones académicas de problemas</b> Sesiones para todo el grupo de alumnos en las que el profesor resolverá ejercicios y problemas sobre los contenidos teóricos trabajados en cada tema</p> <p><b>Sesiones académicas prácticas</b> Las prácticas se desarrollarán en el laboratorio en 3 sesiones de 5 horas, donde los alumnos llevarán a cabo las experiencias. De estas cinco horas tres horas y media se dedicarán al trabajo propio de laboratorio y el tiempo restante a la preparación de la práctica (búsqueda en la bibliografía), realización de cálculos pertinentes y a contestar las cuestiones planteadas por el profesor en cada una de las prácticas. Las prácticas se llevan a cabo por parejas.</p> <p><b>Resolución de problemas en grupos reducidos</b> Los alumnos se distribuirán en grupos de 2 a 3 personas para discutir y resolver en presencia del profesor una serie de ejercicios propuestos que posteriormente entregarán al profesor para su evaluación.</p>	

**Preparación de trabajos a exponer en grupos reducidos**

Los alumnos se distribuirán en grupos de 2 a 3 personas para trabajar en la realización de trabajos sobre contenidos relacionados con la asignatura que luego se expondrán en clase.

**Exposición de trabajos por parte de los alumnos**

El profesor propondrá una serie de temas relacionados con la asignatura que los alumnos se distribuirán entre ellos y prepararán para exponerlos y, someterlos a posterior debate en la parte final del curso

**Dirección de correo electrónico**

Los alumnos tendrán a su disposición una dirección de correo electrónico a través de la cual podrán realizar consultas al profesor y recibir las respuestas correspondientes

**7. Bloques temáticos:**

Bloque I: Fundamentos de electroquímica y Cinética Electrónica (temas 1,2 y 3)

Bloque II: Componentes del reactor electroquímico (temas 5, 6 y 7)

Bloque III: Aplicaciones industriales (temas 4 y 8 -12)

**8. Temario desarrollado:**

## Parte teórica

### Tema 1: Reacciones electroquímicas

Reacciones electródicas: definiciones fundamentales; naturaleza y alcance de las reacciones electródicas: algunos factores problemáticos; la medida del potencial electródico. Reacciones de la célula electroquímica: termodinámica de las reacciones de célula.; células galvánicas y células electrolíticas.

### Tema 2: Algunos componentes de la célula electroquímica: la interfase y la fase electrolito

La interfase: la doble capa electrificada. La fase electrolito: el disolvente; el electrolito soporte; el reactivo, el intermedio y el producto.

### Tema 3: La velocidad de las reacciones electroquímicas

Velocidad global de los procesos electródicos: leyes de Faraday de la electrolisis; expresiones de la velocidad de reacción. Medida de la cinética electródica: células de tres electrodos; instrumentación. Transferencia electrónica (de carga) simple: potencial de equilibrio; potencial de no equilibrio; Grandes sobrepotenciales, la ecuación de Tafel; Potenciales muy cercanos al equilibrio, la aproximación lineal. Transporte de materia: difusión `pura; difusión-convección; relaciones densidad de corriente frente potencial. Control mixto: la región controlada por la transferencia electrónica; la región de control mixto; la región controlada por transporte de materia. Adsorción.

### Tema 4: Corrosión

Introducción. Naturaleza electroquímica de la corrosión. Termodinámica de la corrosión. Cinética de la corrosión. Prevención y control de la corrosión. Algunos tipos comunes de corrosión. Pasivación. Corrosión en contacto con los medios naturales.

### Tema 5: Electroodos

Tipos de electrodos. Pasivación. Criterios de selección, propiedades. Ánodos. Cátodos. Nuevos desarrollos.

### Tema 6: Cuerpos de celda

Clasificación. Celdas tipo tanque. Celdas tipo filtro prensa. Celdas de lecho de fluido inerte. Celdas de electrodos apilados. Celdas de electrodos porosos y lecho empaquetado. Criterios de selección.

### Tema 7: Membranas

Introducción. Estructura. Clasificación: según su estructura física; según su capacidad de intercambio; según su estructura química. Criterios de selección.

### Tema 8: La industria cloro-álcali

Conceptos generales de la electrolisis de salmueras. Tecnología de celda de mercurio. Tecnología de celda de diafragma. Tecnología de celda de membrana. Comparación entre las tres tecnologías.

### Tema 9: Refino y recuperación de metales

Electrowining del cobre. Refino electrolítico del cobre.

### Tema 10: Electrosíntesis orgánica

Introducción. Fibras. Química fina: perfumería, electrosíntesis de anisaldehído; electrosíntesis de ácido glioxílico; electrosíntesis de L-cisteína; fabricación de maltol. Industria farmacéutica, antiinflamatorios.

### Tema 11: Electrodialisis

Introducción. Electrodos. Membranas. Espaciadores. Aplicaciones tradicionales: potabilización de aguas, fabricación de sal de mesa. Aplicaciones avanzadas: industria alimentaria; industria farmacéutica; industria metalúrgica.

### Tema 12: Baterías y celdas de combustible

Introducción. Operación de la celda. Tensión y capacidad. Potencia. Requisitos de diseño y características de las baterías. Tipos de baterías: baterías primarias; baterías secundarias; baterías de reserva; pilas de combustible.

### **Parte práctica**

- Potenciales de reducción y serie electroquímica
- Electrodeposición metálicas (cobre / níquel)
- Metalización de superficies no conductoras (plásticos)
- Caracterización de celdas de combustible PEM
- Hidrólisis de agua con celda PEM
- Protección anódica de aluminio

## 9. Bibliografía.

### 9.1. Bibliografía general:

**Industrial Electrochemistry**  
Pletcher y Walsh  
Ed. Chapman and Hall

**Electrochemistry: principles, methods and applications**  
Brett y Oliveira Brett  
Ed. Oxford Science Publications

**Un primer curso de procesos electródicos**  
D. Pletcher  
Ed. Club Universitario

**Un primer curso de Ingeniería Electroquímica**  
F. Walsh  
Ed. Club Universitario

**Cuestiones y Problemas de Electroquímica**  
M. Domínguez Pérez  
Ed. Hélice

**Electroquímica Moderna**  
Bockris y Reddy  
Ed. Reverté

**Prácticas de Electroquímica**  
Grupo de Electroquímica de la RSEQ  
Ed. Departamento de Química Física y Termodinámica Aplicada de la Universidad de Córdoba

**Electroquímica Aplicada**  
Toribio Fernández Otero  
Servicio Editorial Universidad del País Vasco

### 9.2. Bibliografía específica:

**Electrosíntesis y Electrodiálisis**  
José Ramón Ochoa Gómez  
Ed. Mc Graw Hill

**Acumuladores Electroquímicos**  
José Fullea García  
Ed. Mc Graw Hill

**Control de la corrosión: estudio y medida por técnicas electroquímicas**  
González Fernández  
CSIC

**Corrosión y degradación de materiales**  
E. Otero Huerta  
Ed. Síntesis

## 10. Técnicas de evaluación.

### 10.1. Técnicas de evaluación utilizadas:

- Examen teórico-práctico
- Trabajos desarrollados durante el curso
- Participación activa en las sesiones académicas
- Controles periódicos de adquisición de conocimientos
- Examen práctico en aula de informática
- Otras: Especificar
- Otras: Especificar

### 10.2. Criterios de evaluación y calificación:



### **Evaluación de la parte teórica de la asignatura**

**La nota de la parte teórica supondrá 2/3 de la nota final de la asignatura.**

La parte teórica de la asignatura se puede superar de dos formas:

- 1) Mediante la asistencia regular a las clases teóricas. En este caso se valorarán los siguientes parámetros a la hora de la calificación final
  - 1.1. Se aceptará como máximo un 25% de faltas de asistencia a las clases teóricas, lo que supone un total de 11 horas. La asistencia a clase supondrá el 40 % de la calificación final, obteniéndose cuatro puntos si se asiste a todas las clases y cero puntos si se falta a 11 clases.
  - 1.2. El 60% restante, se completará con la realización de problemas y trabajos propuestos por la profesora de la asignatura.
  - 1.3. Se tendrá en cuenta la participación activa del alumno en clase.
- 2) En el supuesto de que un alumno falte a más del 25% de las clases teóricas, este deberá realizar un examen escrito sobre el contenido de la asignatura cuya calificación debe ser igual o superior a 5 puntos para aprobar la parte teórica de esta.

### **Evaluación de la parte práctica de la asignatura**

**La nota de la parte práctica supondrá 1/3 de la nota final de la asignatura. La realización de las prácticas de laboratorio es obligatoria.**

Se valorará principalmente el trabajo desarrollado por el alumno en el laboratorio, además de la calificación de los resultados de las prácticas realizadas

## 11. Organización docente semanal (en horas presenciales del alumno)

### 11.1. Primer cuatrimestre:

Semana	Horas de clases de teoría	Horas de clases de problemas	Horas de clases prácticas	Actividades Académicas Dirigidas		Horas de exámenes	Temas del temario a tratar
				Actividad	Horas		
1ª	0,0	0,0	0,0		0,0	0,0	
2ª	0,0	0,0	0,0		0,0	0,0	
3ª	0,0	0,0	0,0		0,0	0,0	
4ª	0,0	0,0	0,0		0,0	0,0	
5ª	0,0	0,0	0,0		0,0	0,0	
6ª	0,0	0,0	0,0		0,0	0,0	
7ª	0,0	0,0	0,0		0,0	0,0	
8ª	0,0	0,0	0,0		0,0	0,0	
9ª	0,0	0,0	0,0		0,0	0,0	
10ª	0,0	0,0	0,0		0,0	0,0	
11ª	0,0	0,0	0,0		0,0	0,0	
12ª	0,0	0,0	0,0		0,0	0,0	
13ª	0,0	0,0	0,0		0,0	0,0	
14ª	0,0	0,0	0,0		0,0	0,0	
15ª	0,0	0,0	0,0		0,0	0,0	
<b>Periodo de exámenes</b>						0,0	
<b>Totales</b>	<b>0,0</b>	<b>0,0</b>	<b>0,0</b>		<b>0,0</b>	<b>0,0</b>	

### 11.2. Segundo cuatrimestre:

Semana	Horas de clases de teoría	Horas de clases de problemas	Horas de clases prácticas	Actividades Académicas Dirigidas		Horas de exámenes	Temas del temario a tratar
				Actividad	Horas		
1ª	2,0	0,0	0,0	Realización de problemas en grupos	1,0	0,0	Temas 1-2
2ª	2,0	0,0	0,0	Realización de trabajos en grupos	1,0	0,0	Temas 2-3
3ª	2,0	0,0	0,0	Realización de trabajos en grupos	1,0	0,0	Tema 3
4ª	2,0	0,0	0,0	Realización de problemas en grupos	1,0	0,0	Tema 3
5ª	2,0	0,0	0,0	Realización de trabajos en grupos	1,0	0,0	Tema 3
6ª	3,0	0,0	0,0		0,0	0,0	Temas 3-4
7ª	2,0	0,0	10,5	Realización trabajo prácticas Realización de problemas en grupos	5,5	0,0	Tema 4
8ª	2,0	0,0	0,0	Realización de trabajos en grupos	1,0	0,0	Tema 4
9ª	2,0	0,0	0,0	Realización de trabajos en grupos	1,0	0,0	Tema 5
10ª	2,0	0,0	0,0	Realización de problemas en grupos	1,0	0,0	Temas 6-7
11ª	2,0	0,0	0,0	Realización de trabajos en grupos	1,0	0,0	Tema 8
12ª	2,0	0,0	0,0	Realización de trabajos en grupos	1,0	0,0	Tema 9
13ª	2,0	0,0	0,0	Exposición de trabajos	1,0	0,0	Tema 10
14ª	2,0	0,0	0,0	Exposición de trabajos	1,0	0,0	Tema 11

15ª	2,5	0,0	0,0	Exposición de trabajos	0,5	0,0	Tema 12
Periodo de exámenes						2,0	
<b>Totales</b>	<b>31,5</b>	<b>0,0</b>	<b>10,5</b>		<b>18,0</b>	<b>2,0</b>	

**\*La fecha de las prácticas de laboratorio es orientativa. Calendario de prácticas por aprobar**

### **12. Mecanismos de control y seguimiento:**

1. Encuestas periódicas a los alumnos, con indicación expresa del tiempo empleado en cada actividad docente programada y preguntas subjetivas sobre la carga de trabajo, seguimiento de los contenidos, etc.
2. Encuestas finales para alumnos y profesores, una vez acabadas las actividades docentes, con preguntas objetivas y subjetivas sobre todos los aspectos de la Experiencia Piloto.
3. Reuniones de coordinación mensuales con docentes de otras asignaturas para poner en común posibles problemas que puedan surgir durante el desarrollo de la experiencia piloto y dar una posible solución.