



Guía Docente:

PREVENCIÓN Y CONTROL INTEGRADO DE LA CONTAMINACIÓN INDUSTRIAL



FACULTAD DE CIENCIAS QUÍMICAS
UNIVERSIDAD COMPLUTENSE DE MADRID
CURSO 2017-2018



I.- IDENTIFICACIÓN

NOMBRE DE LA ASIGNATURA: Prevención y control integrado de la contaminación industrial
CARÁCTER: Optativa
MATERIA: Campos de aplicación de la Ingeniería Química
MÓDULO: Ingeniería de Procesos y Producto
TITULACIÓN: Máster Universitario en Ingeniería Química: Ingeniería de Procesos
SEMESTRE/CUATRIMESTRE: Segundo
DEPARTAMENTO/S: Ingeniería Química

PROFESOR/ES RESPONSABLE/S:

| Grupo Único | |
|--------------------------------|--|
| Teoría Seminario Tutoría | Profesora: MERCEDES OLIET PALÁ Departamento: Ingeniería Química Despacho: QB544 e-mail: moliet@quim.ucm.es |
| Teoría Seminario Tutoría | Profesora: VIRGINIA ALONSO RUBIO Departamento: Ingeniería Química Despacho: QB534 e-mail: valonso@quim.ucm.es |
| Teoría Seminario Tutoría | Profesor: JUAN CARLOS DOMÍNGUEZ TORIBIO Departamento: Ingeniería Química Despacho: QB533 e-mail: jucdomin@quim.ucm.es |

II.- OBJETIVOS

■ **OBJETIVO GENERAL**

Proporcionar a los estudiantes los conocimientos y habilidades técnicas básicas para la realización de cualquier estudio de minimización y control de la contaminación de origen industrial. Se parte de los conocimientos previos de los alumnos sobre operaciones básicas de la industria de procesos e ingeniería ambiental. Ello se complementa con la descripción de los tipos y orígenes de la contaminación causada por las industrias en sus procesos productivos y con la explicación de una serie de herramientas y metodologías necesarias para diagnosticar y realizar estudios de prevención de la contaminación en su punto de origen.

■ **OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Estudiar las herramientas y metodologías para la integración de la producción limpia y para el diagnóstico ambiental con el fin de abordar los problemas medioambientales particulares de cada proceso industrial.



- Conocer el entorno de la Directiva IPPC y las mejores técnicas disponibles de los distintos sectores industriales.
- Identificar el origen de los residuos generados (líquidos, sólidos y gaseosos) y los problemas ambientales asociados a cada proceso, así como las técnicas disponibles para su prevención y/o corrección.
- Localizar la información disponible sobre los procesos de producción propios de los principales sectores industriales e interpretar dicha información con vistas a la producción limpia y minimización de residuos.

III.- CONOCIMIENTOS Y REQUISITOS PREVIOS

■ CONOCIMIENTOS PREVIOS:

Los propios del Grado en Ingeniería Química. Conocimientos de Ingeniería de Procesos y de Ingeniería Ambiental.

■ RECOMENDACIONES:

IV.- CONTENIDOS

■ BREVE DESCRIPCIÓN DE LOS CONTENIDOS:

Principios de diseño de procesos limpios. Estrategias para reducir el impacto de la contaminación industrial. Herramientas metodológicas para medir el impacto ambiental de un producto, proceso o sistema. Entorno de la normativa IPPC. Prevención y control integrado de la contaminación industrial. Aplicación a distintos sectores industriales.

■ PROGRAMA:

Tema 1: Principios de diseño de procesos limpios.

Buenas prácticas ambientales y energéticas. Estrategias para la minimización de residuos industriales: opciones tecnológicas y de gestión. Ahorro de agua y Eficiencia energética. Consideraciones económicas. Programa Responsible Care.

Tema 2: Entorno de la Directiva IPPC.

Directiva IPPC. Ley 16/2002 sobre la Prevención y el Control Integrado de la Contaminación. Directiva DEI. Autorización Ambiental Integrada (AAI), Valores límites de emisión (VLEs) y Mejores Técnicas Disponibles (MTDs). Documentos BREF. Registro estatal de emisiones y fuentes contaminantes (PRTR).

Tema 3: Análisis del Ciclo de Vida (ACV) y Huella de carbono.

Herramientas metodológicas para medir el impacto ambiental de un producto, proceso o sistema. PAS2050, PAS2060 e ISO 14067; Protocolo GHG, ISO 14064 e ISO 14069. Certificación Ambiental EMAS e ISO 14001.

Tema 4: Contaminación en la industria de pasta y papel.

Aspectos medioambientales. Fabricación. Medidas de producción limpia. Documento de referencia de las MTDs.

**Tema 5: Aplicación al Sector Industrial del cemento.**

Niveles actuales de emisiones y consumo de energía y materias primas. Técnicas emergentes y en desuso de la industria del cemento.

Tema 6: Industria del Vidrio.

Principales sustancias contaminantes en la industria del vidrio. Recomendaciones generales para el control de emisiones de sustancias contaminantes significativas al aire y al agua. Técnicas emergentes y sistemas de mejora.

Tema 7: Industria química inorgánica de gran volumen de producción.

Amoníaco, ácidos y fertilizantes. Producción y problemas medioambientales. Niveles de emisión asociados a las MTDs en la producción de NH_3 , H_2SO_4 , HNO_3 , HF y NPK.

Tema 8: Industria química orgánica de gran volumen de producción.

Economía y logística del sector de Compuestos Orgánicos de Gran Volumen de Producción (LVOC). Orígenes genéricos de las emisiones atmosféricas, al agua y de residuos, y su posible composición. Técnicas y niveles de emisiones/consumos que se consideran MTD genéricas para el sector de LVOC en su conjunto.

Tema 9: Refino del petróleo.

MTDs para reducir emisiones de VOCs, óxidos de azufre y de nitrógeno, reducir la contaminación hídrica y aumentar la eficiencia energética. Técnicas emergentes.

Tema 10: Aplicación al Sector de fabricación de Polímeros.

Procesos generales en la producción de polímeros. MTDs genéricas y específicas (polietileno, poliestireno, policloruro de vinilo, poliamidas, fibras de viscosa, etc). Técnicas emergentes.

Tema 11: Grandes instalaciones de combustión.

MTDs en materia de almacenamiento y manejo de combustibles. Niveles de eficiencia térmica asociados con la aplicación de medidas de mejora en instalaciones de combustión. Reducción de emisiones de partículas en algunas instalaciones de combustión.

Tema 12: Sector de Alimentación.

Aplicación al sector de Alimentación. Problemas medioambientales más significativos de las instalaciones de este sector. Procesos y técnicas aplicados en el sector. Niveles actuales de consumo y emisión. Técnicas integradas y técnicas de fin de proceso

Tema 13: Casos prácticos.

Análisis de soluciones de minimización adoptadas en casos reales. Ejemplos de industrias que han adoptado medidas para la integración de una producción más limpia.



V.- COMPETENCIAS

■ GENERALES:

- **CG-2:** Concebir, proyectar, calcular y diseñar procesos, equipos, instalaciones industriales y servicios, en el ámbito de la ingeniería química y sectores industriales relacionados, en términos de calidad, seguridad, economía, uso racional y eficiente de los recursos naturales y conservación del medio ambiente.
- **CG-4:** Realizar la investigación apropiada, emprender el diseño y dirigir el desarrollo de soluciones de ingeniería, en entornos nuevos o poco conocidos, relacionando creatividad, originalidad, innovación y transferencia de tecnología.
- **CG-6:** Tener capacidad de análisis y síntesis para el progreso continuo de productos, procesos, sistemas y servicios utilizando criterios de seguridad, viabilidad económica, calidad y gestión medioambiental.
- **CG-10:** Adaptarse a los cambios, siendo capaz de aplicar tecnologías nuevas y avanzadas y otros progresos relevantes, con iniciativa y espíritu emprendedor.
- **CG-11:** Poseer las habilidades del aprendizaje autónomo para mantener y mejorar las competencias propias de la ingeniería química que permitan el desarrollo continuo de la profesión.

■ ESPECÍFICAS:

- **CE-2:** Diseñar productos, procesos, sistemas y servicios de la industria química, así como la optimización de otros ya desarrollados, tomando como base tecnológica las diversas áreas de la ingeniería química, comprensivas de procesos y fenómenos de transporte, operaciones de separación e ingeniería de las reacciones químicas, bioquímicas, electroquímicas y nucleares.
- **CE-3:** Conceptualizar modelos de ingeniería, aplicar métodos innovadores en la resolución de problemas y aplicaciones informáticas adecuadas, para el diseño, simulación, optimización y control de procesos y sistemas.
- **CE-4:** Tener habilidad para solucionar problemas que son poco familiares, incompletamente definidos, y tienen especificaciones en competencia, considerando los posibles métodos de solución, incluidos los más innovadores, seleccionando el más apropiado, y poder corregir la puesta en práctica, evaluando las diferentes soluciones de diseño.
- **CE-5:** Dirigir y supervisar todo tipo de instalaciones, procesos, sistemas y servicios de las diferentes áreas industriales relacionadas con la ingeniería química.



- **CE-6:** Diseñar, construir e implementar métodos, procesos e instalaciones para la gestión integral de suministros y residuos, sólidos, líquidos y gaseosos, en las industrias, con capacidad de evaluación de sus impactos y de sus riesgos.
- **CE-8:** Dirigir y gestionar la organización del trabajo y los recursos humanos aplicando criterios de seguridad industrial, gestión de la calidad, prevención de riesgos laborales, sostenibilidad, y gestión medioambiental.
- **CE-10:** Adaptarse a los cambios estructurales de la sociedad motivados por factores o fenómenos de índole económico, energético o natural, para resolver los problemas derivados y aportar soluciones tecnológicas con un elevado compromiso de sostenibilidad.
- **CE-11:** Dirigir y realizar la verificación, el control de instalaciones, procesos y productos, así como certificaciones, auditorías, verificaciones, ensayos e informes.

■ TRANSVERSALES:

- **CT-1:** Desarrollar el trabajo de forma autónoma.
- **CT-2:** Trabajar en equipo fomentando el desarrollo de habilidades en las relaciones humanas.
- **CT-3:** Desarrollar sensibilidad y responsabilidad sobre temas energéticos, medioambientales y éticos.
- **CT-4:** Demostrar razonamiento crítico y autocrítico en busca de la calidad y rigor científicos.
- **CT-7:** Gestionar información científica, bibliográfica y bases de datos especializadas y otros recursos accesibles a través de Internet.
- **CT-8:** Integrar creativamente conocimientos y aplicarlos a la resolución de problemas en entornos nuevos o poco conocidos dentro de contextos multidisciplinares.
- **CT-10:** Utilizar herramientas y programas informáticos para el tratamiento y difusión de los resultados procedentes de la investigación científica y tecnológica.



VI. – HORAS DE TRABAJO Y DISTRIBUCIÓN POR ACTIVIDAD

| Actividad | Presencial (horas) | Trabajo autónomo (horas) | Créditos |
|------------------------------------|--------------------|--------------------------|----------|
| Clases teóricas | 30 | 45 | 3 |
| Seminarios | 5 | 7,5 | 0,5 |
| Tutorías y Trabajos dirigidos | 4 | 21 | 1 |
| Actividades prácticas | 10 | 15 | 1 |
| Preparación de trabajos y exámenes | 3 | 9,5 | 0,5 |
| Total | 52 | 98 | 6 |

VII.- METODOLOGÍA

La práctica docente seguirá una metodología mixta basada en el aprendizaje cooperativo, el aprendizaje colaborativo y el autoaprendizaje. Los contenidos de la asignatura se presentan a los estudiantes mediante clases teóricas, seminarios, actividades prácticas en aula informática, tutorías programadas y trabajos dirigidos.

Las **clases teóricas** consistirán, de forma prioritaria, en lecciones magistrales en las que se expondrá de forma ordenada el temario completo de la asignatura. En el desarrollo de las clases de teoría se utilizará material audiovisual para una óptima comprensión de cada tema. Los esquemas, tablas, figuras y cualquier otro tipo de material y/o información necesaria se pondrán a disposición de los alumnos en soporte papel o informático utilizando principalmente el espacio del Campus Virtual.

Los **seminarios** consistirán en el desarrollo detallado de un conjunto de casos prácticos en los que se aplicarán los conocimientos adquiridos en las clases de teoría.

Las **tutorías programadas y trabajos dirigidos** se desarrollarán en grupos reducidos. Se introducirá al estudiante en la búsqueda bibliográfica específica y en la evaluación y discusión de artículos técnicos de actualidad relacionados con la prevención y control de la contaminación. Asimismo se propondrá la realización de un trabajo dirigido, en el que se tendrá que describir un proceso de la industria química real indicando los principales focos de contaminación y sus posibles soluciones de control y prevención de la misma. Se fomentará la formulación de cuestiones y la discusión abierta sobre el tema presentado.

Se desarrollarán **actividades prácticas** programadas en aula informática. Se mostrarán herramientas y programas informáticos que servirán de apoyo a los aspectos tratados en las clases teóricas y seminarios: Simulink, Simapro, webFIRE, EPI, IRIS, TANKS. Dependiendo de la coordinación del curso, se realizará alguna visita a una planta industrial.

Se utilizará el **Campus Virtual** para permitir una comunicación fluida entre profesores y estudiantes y como instrumento para poner a disposición de los estudiantes el material que se utilizará en las clases tanto teóricas como de problemas. También podrá utilizarse como



foro en el que se presenten algunos temas complementarios cuyo contenido, aunque importante en el conjunto de la materia, no se considere oportuno presentarlo en las clases presenciales.

VIII.- BIBLIOGRAFÍA

Al principio de curso se comentará la bibliografía recomendada, indicando los aspectos más relevantes de cada texto y el grado de adecuación a la asignatura. No se va a seguir un libro de texto concreto para el desarrollo de la asignatura.

■ BÁSICA:

- Claver Cortés, E; Molina Azorín, J.F.; Tarí Guilló J.J. Gestión de la Calidad y Gestión Medioambiental. Ediciones Pirámide, 2004.
- Doble, M y Kruthiventi, A.K. Green Chemistry and Proceses. Elsevier, 2007.
- Freeman, H.M. Manual de prevención de la contaminación industrial. Ed. McGraw-Hill, 1998.
- Kiely, G. Ingeniería Ambiental. Ed. McGraw-Hill, 1999.
- Murphy, R.M. Introducción a los procesos químicos. Principios, análisis y síntesis. Mc. Graw Hill, 2007.
- Rodríguez Jiménez, J.J. La ingeniería ambiental. Ed. Síntesis, 2002.

■ COMPLEMENTARIA:

- Ruiz Amador, D y Zúñiga López, I. Análisis de ciclo de vida y huella de carbono. UNED, 2012.
- Análisis de ciclo de vida y huella de carbono. IHOBE, 2009.
- Documentos de referencia (BREF) de los distintos sectores estudiados. □
- Guía de Buenas Prácticas Ambientales y Energéticas en las empresas. Cámara Oficial de Comercio e Industria de Madrid, 2008.
- Industrial Waste Treatment Handbook. Woodard&Curran, Inc. Elsevier, 2006.
- Manual para la gestión de vertidos. Ministerio de Medio Ambiente. 2007.
- Manual de minimización de residuos y emisiones. Fundación Cerdá, 1992.
- Zaror Zaror, C.A. Introducción a la ingeniería ambiental para la industria de procesos. Universidad de Concepción (Chile), 2000.

Además de los textos recomendados en esta guía, puntualmente, se podrá indicar a los estudiantes bibliografía específica para cada tema.

IX.- EVALUACIÓN

El rendimiento académico del alumno y la calificación final de la asignatura se computarán, de forma ponderada, atendiendo a los porcentajes que se muestran en cada uno de los aspectos recogidos a continuación. Este criterio se mantendrá en todas las convocatorias.

■ EXÁMENES ESCRITOS:

50%

Se realizarán ejercicios escritos que contribuirán en un 50 % a la nota. Estos ejercicios contemplarán cuestiones teóricas y prácticas relativas a la docencia impartida en las



clases de teoría. Será necesario alcanzar una nota mínima de 5 para ponderar con el resto de actividades.

Con los ejercicios escritos se valorarán las competencias generales CG-2, CG-4, CG-6, y CG-10, las competencias específicas CE-2, CE-3, CE-4, CE-6, CE-8 y CE-10, y las competencias transversales CT-1, CT-3, CT-4 y CT-8.

En las convocatorias extraordinarias solo podrán presentarse aquellos alumnos que hayan participado y superado el resto de actividades de la asignatura, habiendo asistido a un mínimo del 70% de las actividades presenciales.

■ TRABAJO PERSONAL Y ACTIVIDADES DIRIGIDAS (TRABAJOS): 30%

La evaluación del trabajo de aprendizaje individual realizado por el alumno y de las actividades dirigidas se hará teniendo en cuenta:

- La destreza del alumno en la resolución de los ejercicios propuestos, que se recogerán periódicamente en los seminarios (10%).
- Se evaluará la realización de un trabajo en grupo reducido, cuya dirección y seguimiento se hará en las tutorías, de asistencia obligatoria, y a las cuales serán citados los alumnos periódicamente a lo largo del cuatrimestre (20%).

La evaluación de estos aspectos permitirá conocer el grado de consecución de las competencias generales CG-2, CG-4, CG-6, CG-10 y CG-11, de las competencias específicas CE-2, CE-3, CE-4, CE-5, CE-6, CE-8 y CE-11, y de las competencias transversales CT-1, CT-2, CT-3, CT-4, CT-7, CT-8, y CT-10.

■ ACTIVIDADES PRÁCTICAS: 20%

La participación en las actividades prácticas será evaluada mediante ejercicios de aplicación directa de las herramientas informáticas utilizadas y explicadas en estas sesiones. Esta actividad reforzará los conocimientos adquiridos por el alumno, tanto en las clases presenciales de teoría y seminarios, como en las restantes actividades del curso, lo que redundará en el afianzamiento de todas las competencias generales, específicas y transversales.

■ ASISTENCIA Y PARTICIPACIÓN ACTIVA EN LAS CLASES:

Para poder acceder a la evaluación final será necesario que el alumno haya participado al menos en el 70% de las actividades presenciales. La participación activa del alumno en todas las actividades docentes se valorará positivamente en la calificación final; podrá penalizarse la falta de asistencia reiterada a las clases (hasta 10%).

Las calificaciones de las actividades previstas para la evaluación de la asignatura se comunicarán a los estudiantes con la antelación suficiente antes de la realización del examen final, para que puedan planificar adecuadamente el estudio de ésta u otras asignaturas.

En todo caso, se respetará el plazo mínimo de diez días entre la publicación de las calificaciones y la fecha del examen final de la asignatura.



PLANIFICACIÓN DE ACTIVIDADES – CRONOGRAMA

| TEMA | ACTIVIDAD | HORAS | GRUPOS | INICIO | FIN |
|---|-----------|-------|--------|------------|------------|
| 1. Principios de diseños limpios | Teoría | 1 | 1 | 1ª semana | 1ª semana |
| | Seminario | - | - | - | - |
| 2. Entorno de la Directiva IPPC | Teoría | 2 | 1 | 1ª semana | 1ª semana |
| | Seminario | - | - | - | - |
| 3. Análisis del Ciclo de Vida y Huella de carbono | Teoría | 3 | 1 | 2ª semana | 2ª semana |
| | Seminario | - | - | - | - |
| 4. Contaminación en la industrial de pasta y papel | Teoría | 3 | 1 | 3ª semana | 3ª semana |
| | Seminario | - | - | - | - |
| 5. Aplicación al sector industrial del cemento | Teoría | 2 | 1 | 4ª semana | 4ª semana |
| | Seminario | - | - | - | - |
| 6. Industria del vidrio | Teoría | 2 | 1 | 5ª semana | 7ª semana |
| | Seminario | - | - | - | - |
| 7. Industria química inorgánica de gran volumen de producción | Teoría | 3 | 1 | 8ª semana | 8ª semana |
| | Seminario | - | - | - | - |
| 8. Industria química orgánica de gran volumen de producción | Teoría | 3 | 1 | 9ª semana | 10ª semana |
| | Seminario | - | - | - | - |
| 9. Refino del petróleo | Teoría | 3 | 1 | 10ª semana | 11ª semana |
| | Seminario | - | - | - | - |
| 10. Aplicación al sector de fabricación de polímeros | Teoría | 3 | 1 | 11ª semana | 13ª semana |
| | Seminario | - | - | - | - |
| 11. Grandes instalaciones de Combustión | Teoría | 3 | 1 | 14ª semana | 15ª semana |
| | Seminario | - | - | - | - |



| TEMA | ACTIVIDAD | HORAS | GRUPOS | INICIO | FIN |
|-----------------------------------|--|-------|--------|-------------|---------------|
| 12. Sector de alimentación | Teoría | 2 | - | 15ª semana | 15ª semana |
| | Seminario | - | 1 | 4ª semana | 15ª semana |
| 13. Casos prácticos | Teoría | - | - | 14ª semana | 15ª semana |
| | Seminario | 5 | 1 | 4ª semana | 15ª semana |
| TUTORÍAS Y PRÁCTICAS | | | | | |
| Tutorías | Tutoría 1 | 1 | 2 | 2ª semana | 2ª semana |
| | Tutoría 2 | 1 | 2 | 6ª semana | 6ª semana |
| | Tutoría 3 | 1 | 2 | 10ª semana | 10ª semana |
| | Tutoría 4 | 1 | 2 | 13ª semana | 13ª semana |
| Actividades Prácticas | Sesiones prácticas en aula informática | 10 | 2 | Semanas 4-5 | Semanas 14-15 |



RESUMEN DE LAS ACTIVIDADES

| Actividad docente | Competencias asociadas | Actividad Profesor | Actividad alumno | Procedimiento de evaluación | P | NP | Total | C |
|--|---|---|--|---|----|-----|-------|-----|
| Clases de teoría | CG-2, CG-4, CG-6, CG-10, CE-2, CE-3, C-4, CE-6, CE-8 y CE-10, CT-1, CT-3, CT-4 y CT-8. | Exposición de conceptos teóricos. | Atención y participación activa en el desarrollo de la clase. | Exámenes escritos. | 30 | 45 | 75 | 70% |
| Seminarios | CG-2, CG-4, CG-6, CG-10, CE-2, CE-3, C-4, CE-6, CE-8 y CE-10, CT-1, CT-3, CT-4 y CT-8. | Ampliación de los conceptos teóricos y resolución de casos prácticos. | Discusión y resolución de las cuestiones y problemas propuestos. | Exámenes escritos. | 5 | 7,5 | 12,5 | |
| Tutorías programadas y trabajos dirigidos | CG-2, CG-4, CG-6, CG-10 y CG-11, CE-2, CE-3, CE-4, CE-5, CE-6, CE-8, CE-11, CT-1, CT-2, CT-3, CT-4, CT-7, CT-8, CT-10 | Propuesta de trabajos. Dirección y supervisión del estudio y actividades del alumno. | Elaboración y presentación del trabajo dirigido. | Valoración de la participación activa y del trabajo realizado por el grupo. | 4 | 21 | 25 | 20% |
| Actividades Prácticas | CG-2, CG-4, CG-6, CG-10, CE-2, CE-3, C-4, CE-6, CE-8 y CE-10, CT-1, CT-3, CT-4 y CT-8. | Explicación de la actividad. Dirección y supervisión de las actividades del alumno. | Atención y desarrollo de las actividades propuestas. | Calificación del cuestionario | 10 | 15 | 25 | 10% |



| Actividad docente | Competencias asociadas | Actividad Profesor | Actividad alumno | Procedimiento de evaluación | P | NP | Total | C |
|-------------------|--|--|---------------------------------------|-----------------------------|---|-----|-------|---|
| Exámenes | CG-2, CG-4, CG-6, CG-10, CE-2, CE-3, C-4, CE-6, CE-8 y CE-10, CT-1, CT-3, CT-4 y CT-8. | Elaboración, vigilancia y corrección del examen. Calificación del alumno. | Preparación y realización del examen. | Calificación del examen. | 3 | 9,5 | 20 | - |

P : Presenciales; NP: no presenciales (trabajo autónomo); C: calificación