

**1. Datos Generales de la asignatura**

<b>Nombre de la asignatura:</b>	Fundamentos de Aguas Residuales
<b>Clave de la asignatura:</b>	AMG-1012
<b>SATCA<sup>1</sup>:</b>	3-3-6
<b>Carrera:</b>	Ingeniería Ambiental

**2. Presentación****Caracterización de la asignatura**

Esta asignatura aporta al perfil del ingeniero ambiental los elementos para entender las características del agua residual desde su fuente de generación y los efectos nocivos que tiene en el entorno, así mismo provee las herramientas y conocimientos para proponer esquemas de saneamiento.

Se consideran las características físicas, químicas y biológicas del agua residual, así como la cantidad de agua que genera un sector determinado, permitiendo seleccionar operaciones unitarias, procesos unitarios y biológicos para reducir sus contaminantes y obtener la calidad adecuada para un uso posterior.

La materia pertenece al bloque de ciencias de la ingeniería, por lo que se integran conocimientos que dan soporte para análisis, diseño y dimensionamiento de un sistema de tratamiento de aguas residuales.

**Intención didáctica**

En esta asignatura se incluyen seis temas, abordándose en la unidad uno conceptos básicos de aguas residuales, mecanismos de evacuación y la normatividad que regula su descarga. Se integran actividades de investigación sobre el marco conceptual, orientando al estudiante al análisis y comprensión de la información, mediante la aportación de ejemplos prácticos por parte del estudiante con la guía del docente.

El tema dos, se abordan los conceptos de la caracterización de las aguas residuales y la descripción de los parámetros analíticos: físicos, químicos y biológicos. Es importante que el estudiante reconozca la clasificación de los análisis mediante la comprensión de sus principios. En esta unidad se define el muestreo enfocándolo a las aguas residuales, tomando de referencia los procedimientos normativos. En lo que respecta a la medición de caudal se hace una descripción de los diferentes métodos existentes que se aplican a las aguas residuales, la participación del estudiante se evaluará mediante preguntas de razonamiento, donde este identificará las razones de aplicar un determinado método. Finalmente, se describen los métodos analíticos para determinar las características de las aguas residuales, así como la interpretación de los resultados, por lo que es importante que el estudiante conozca los métodos analíticos con lo que podrá identificar el fundamento de análisis, su procedimiento, objetivo de aplicación, valores típicos y/o recomendados de acuerdo a criterios previamente establecidos, de manera que se dimensione la magnitud del problema y la responsabilidad que representan las aguas residuales.

Respecto a los temas tres, cuatro y cinco se revisan de manera particular las operaciones unitarias, procesos unitarios y procesos biológicos aplicables para remover contaminantes específicos, de manera que brinden al estudiante los conocimientos necesarios para identificar de forma clara los mecanismos que permiten la remoción de un contaminante aprovechando sus características

<sup>1</sup> Sistema de Asignación y Transferencia de Créditos Académicos

físicas, químicas y biológicas. Se fomenta la investigación de esquemas e imágenes de los diferentes equipos y elementos de estos pretratamientos.

Se definen los objetivos de la homogeneización, neutralización, flotación, coagulación, floculación y sedimentación, que son la combinación de tratamientos tanto físicos como químicos. Se explica el fundamento teórico y la operación de los mismos, involucrando al estudiante en la investigación de los tipos de equipos e instalaciones necesarias para dichos tratamientos. Además, se hace un análisis en clase de los valores típicos esperados en la remoción de contaminantes en este tipo de tratamientos y los casos prácticos de la aplicación de estos tratamientos en diversos tipos de aguas residuales.

El tema seis se revisan los trenes de tratamiento de aguas residuales convencionales a manera de brindar un panorama del trabajo sanitario que se ha realizado, haciendo hincapié en la eficiencia que presenta cada unidad de tratamiento para que el estudiante aplique criterios de selección de mejores alternativas de remoción de los contaminantes del agua residual.

El docente brindará los fundamentos teóricos de cada unidad temática, asegurándose de reforzarlos con trabajo de campo y laboratorio. Los reportes generados de estas actividades deberán reflejar el entendimiento del problema que representa el agua residual, así mismo las

### 3. Participantes en el diseño y seguimiento curricular del programa

Lugar y fecha de elaboración o revisión	Participantes	Evento
Instituto Tecnológico de Villahermosa del 7 al 11 de septiembre de 2009.	Representantes de los Institutos Tecnológicos de: Celaya, Mérida, Minatitlán, Nuevo León, Santiago Papasquiaro y Villahermosa.	Reunión Nacional de Diseño e Innovación Curricular para el Desarrollo y Formación de Competencias Profesionales de las Carreras de Ingeniería Ambiental, Ingeniería Bioquímica, Ingeniería Química e Ingeniería en Industrias Alimentarias.
Instituto Tecnológico de Celaya del 8 al 12 de febrero de 2010.	Representantes de los Institutos Tecnológicos de: Celaya, Mérida, Minatitlán, Nuevo León, Santiago Papasquiaro y Villahermosa.	Reunión Nacional de Consolidación de los Programas en Competencias Profesionales de Carreras de Ingeniería Ambiental, Ingeniería Bioquímica, Ingeniería Química e Ingeniería en Industrias Alimentarias.
Instituto Tecnológico de Villahermosa, del 19 al 22 de marzo de 2013.	Representantes de los Institutos Tecnológicos de: Cajeme, Campeche, Cd. Guzmán, Cd. Madero,	Reunión Nacional de Seguimiento Curricular de las carreras de Ingeniería Ambiental, Ingeniería Bioquímica,

	<p>Celaya, Centla, Champotón, Coacalco, Colima, Ixtapaluca, Lerdo, Los Ríos, Matamoros, Mérida, Minatitlán, Morelia, Múzquiz, Nuevo León, Oriente del Estado de México, San Andrés Tuxtla, San Martín Texmelucan, Santiago Papasquiaro, Tehuacán, Tlajomulco y Villahermosa.</p>	<p>Ingeniería en Industrias Alimentarias e Ingeniería Química, del SNIT.</p>
<p>Tecnológico Nacional de México, del 25 al 26 de agosto de 2014.</p>	<p>Representantes de los Institutos Tecnológicos de:</p> <p>Aguascalientes, Apizaco, Boca del Río, Celaya, Cerro Azul, Cd. Juárez, Cd. Madero, Chihuahua, Coacalco, Coatzacoalcos, Durango, Ecatepec, La Laguna, Lerdo, Matamoros, Mérida, Mexicali, Motúl, Nuevo Laredo, Orizaba, Pachuca, Poza Rica, Progreso, Reynosa, Saltillo, Santiago Papasquiaro, Tantoyuca, Tlalnepantla, Toluca, Veracruz, Villahermosa, Zacatecas y Zacatepec.</p> <p>Representantes de Petróleos Mexicanos (PEMEX).</p>	<p>Reunión de trabajo para la actualización de los planes de estudio del sector energético, con la participación de PEMEX.</p>

#### 4. Competencia(s) a desarrollar

##### Competencia(s) específica(s) de la

Identifica, cuantifica e interpreta los caudales de agua residual, así como sus contaminantes por medio de procesos prácticos y experimentales, asociando las operaciones unitarias, procesos unitarios y procesos biológicos aplicados en el tratamiento de aguas de manera eficiente.

## 5. Competencias previas

- Determina la calidad física, química y biológica del agua superficial y aplicar operaciones y procesos unitarios para acondicionarla de manera que sea apta para consumo humano conforme a la normatividad de salud aplicable.
- Conoce los tipos de muestreo del agua superficial considerando el uso de los mismos
- Analiza e interpreta los resultados analíticos e instrumentales de la evaluación de la calidad.
- Conoce la operación de las unidades de tratamiento

## 6. Temario

No.	Temas	Subtemas
1	Conceptos Básicos	1.1 Conceptos básicos de las aguas residuales y su clasificación. 1.2. Tipos de fuentes generadoras de aguas residuales y su efecto en el ambiente. 1.3. Recepción, traslado y vertido del agua residual. Captación, transporte y vertido posterior al tratamiento. 1.4. Normatividad vigente.
2	Caracterización de la calidad de las Aguas Residuales	2.1. Concepto de caracterización del agua residual. 2.2. Parámetros de medición para la caracterización del agua residual. 2.3. Muestreo de aguas residuales. 2.4. Métodos de medición de caudal. 2.5. Caracterización y monitoreo de aguas residuales. 2.6. Interpretación de resultados analíticos e instrumentales.
3	Operaciones unitarias	3.1 Desbrozo. 3.2 Cribado. 3.3 Desarenado. 3.4 Flotación. 3.5 Sedimentación. Agregar elementos de diseño para un sedimentador.
4	Procesos unitarios	4.1. Homogeneización-neutralización. Homogeneización Neutralización 4.2. Coagulación-floculación. 4.3. Cloración.
5	Procesos aerobios	5.1. Generalidades del proceso de tratamiento aerobio 5.2. Clasificación de los procesos biológicos aerobios 5.3. Generalidades del diseño de un sistema de tratamiento aerobio 5. Procesos naturales. 5.4. Generalidades del tratamiento de lodos.

6	Procesos anaerobios	6.1. Generalidades del proceso de tratamiento anaerobio 6.2. Clasificación de los procesos biológicos anaerobios 6.3. Generalidades del diseño de un sistema de tratamiento anaerobio 6.4. Procesos naturales. 6.5. Generalidades del tratamiento de lodos.
---	---------------------	---

## 7. Actividades de aprendizaje de los temas

Conceptos Básicos	
Competencias	Actividades de aprendizaje
<p>Específica(s):</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Identifica las fuentes generadoras de agua residual y sus características particulares, así como los sistemas de recepción, evacuación, descarga de agua residual.</li> <li>Valora el efecto nocivo que genera el vertido de aguas residuales sin sanearlas</li> <li>Aplica la fundamentación de la legislación ambiental en materia de agua residual</li> </ul> <p>Genéricas:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Capacidad de análisis y síntesis</li> <li>Habilidades de investigación.</li> <li>Conocimientos generales básicos</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Analizar las principales fuentes generadoras de aguas residuales.</li> <li>Conocer los componentes del alcantarillado, sistema de colectores y emisores, punto de descarga y fuentes receptoras de las aguas residuales.</li> <li>Realizar una investigación de la disposición y usos que se da al agua residual, complementando con un análisis de riesgo potencial sobre el deterioro del suelo, contaminación de mantos freáticos y la exposición a alimentarnos con productos regados con aguas negras.</li> <li>Aplicar la fundamentación técnica de la legislación y la congruencia de los parámetros y límites permisibles que se marcan.</li> </ul>
Caracterización de la Calidad de las Aguas Residuales	
Competencias	Actividades de aprendizaje
<p>Específica(s):</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Conoce las formas de caracterizar el agua residual.</li> <li>Evalúa la calidad del agua residual.</li> <li>Mide el caudal generado de agua residual.</li> <li>Estructura y desarrolla el monitoreo de caudal y calidad del agua residual.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Hacer una revisión documental sobre las alternativas y formas de caracterizar el agua residual.</li> <li>Hacer un desglose de las técnicas analíticas para determinar concentración de contaminantes. Realizar medición de caudal aplicando por lo menos tres métodos.</li> <li>Elaborar un informe con los resultados de las técnicas analíticas y de la medición de caudal.</li> <li>Realizar una presentación en donde exponga los resultados obtenidos, la afectación</li> </ul>

<ul style="list-style-type: none"> <li>Analiza e interpreta los resultados analíticos e instrumentales del monitoreo.</li> </ul> <p>Genéricas:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Habilidades de investigación.</li> <li>Trabajo en equipo.</li> <li>Habilidades de gestión de información (habilidad para buscar y analizar información proveniente de fuentes diversas)</li> </ul>	<p>realizada por el vertido de las aguas residuales sin sanear e indicar los incumplimientos a la legislación ambiental.</p>
Operaciones unitarias	
Competencias	Actividades de aprendizaje
<p>Específica(s):</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Conoce el fundamento y aplicación de las operaciones unitarias del desbrozo, cribado, desarenado, flotación y sedimentación en el tratamiento de aguas residuales.</li> </ul> <p>Genéricas:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Capacidad de trabajar en equipo interdisciplinario.</li> <li>Capacidad de adaptarse a nuevas situaciones.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Propiciar que el alumno identifique las características físicas de los contaminantes y relacionarlos con los mecanismos de separación.</li> <li>Hacer una revisión detallada del mecanismo de separación.</li> <li>Diseñar y desarrollar un sedimentador se agrega</li> </ul>
Procesos Unitarios	
Competencias	Actividades de aprendizaje
<p>Específica(s):</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Conoce el fundamento y aplicación de la homogeneización, neutralización, coagulación-floculación y cloración en el tratamiento de aguas residuales</li> </ul> <p>Genéricas:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Capacidad de análisis y síntesis</li> <li>Capacidad de trabajar en equipo interdisciplinario.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Propiciar que el estudiante identifique las características físico-químicas de los contaminantes y relacionarlos con los mecanismos de separación.</li> <li>Hacer una revisión detallada del mecanismo de separación.</li> </ul>
Procesos Biológicos	

Competencias	Actividades de aprendizaje
<p>Específica(s):</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Conoce el fundamento y aplicación de los procesos aerobios, anaerobios y naturales en el tratamiento de aguas residuales.</li> </ul> <p>Genéricas:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Capacidad de análisis y síntesis</li> <li>• Solución de problemas</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Propiciar que el estudiante identifique las características físicas y químicas de los contaminantes y relacionarlas con los sistemas metabólicos de microorganismos como fuente de nutrientes, remoción y separación.</li> <li>• Realizar una revisión detallada del mecanismo de remoción y bioconversión de contaminantes, así como la separación de biomasa generada.</li> </ul>
<b>Esquemas Convencionales de Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales</b>	
Competencias	Actividades de aprendizaje
<p>Específica(s):</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Conoce e identificar los trenes de tratamiento de aguas residuales más comúnmente usados para el saneamiento del agua.</li> </ul> <p>Genéricas:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Trabajo en equipo.</li> <li>• Comunicación oral y escrita en su propia lengua</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Hacer una revisión de los esquemas de tratamiento aplicados para el saneamiento en industrias, comercios y agua residual urbana.</li> <li>• Realizar visita a plantas de tratamiento.</li> <li>• Elaborar un reporte desglosando el esquema de tratamiento, funcionalidad y eficiencia.</li> </ul>

## 8. Práctica

- Ubicar principales elementos del sistema de recolección, conducción, puntos de descarga y fuentes receptoras de aguas residuales.
- Medir caudal por método volumen-tiempo.
- Medir caudal por método velocidad-radio hidráulico.
- Diseñar y elaborar un vertedor para medición de caudal.
- Medir caudal en vertedores.
- Medir caudal con dispositivos mecánicos y digitales.
- Realizar práctica de muestreo de aguas residuales de acuerdo a la normatividad vigente.
- Realizar la caracterización (física, química y biológica) de la muestra de agua residual de acuerdo a las normas mexicanas correspondientes y a los parámetros enmarcados en la Norma Oficial Mexicana NOM-001-SEMARNAT-1996.
- Realizar práctica sobre coagulación-floculación en aguas residuales y naturales para observar el comportamiento de los diferentes contaminantes, tanto industriales como naturales.
- Realizar monitoreo de agua residual de un sistema por espacio de un mes.
- Proponer un tren de tratamiento con operaciones unitarias, procesos unitarios y procesos biológicos, considerando los resultados del monitoreo de agua residual y el cumplimiento de la NOM 001 SEMARNAT 1996



## 9. Proyecto de asignatura

El objetivo del proyecto que planteé el docente que imparta esta asignatura, es demostrar el desarrollo y alcance de la(s) competencia(s) de la asignatura, considerando las siguientes fases:

- **Fundamentación:** marco referencial (teórico, conceptual, contextual, legal) en el cual se fundamenta el proyecto de acuerdo con un diagnóstico realizado, mismo que permite a los estudiantes lograr la comprensión de la realidad o situación objeto de estudio para definir un proceso de intervención o hacer el diseño de un modelo.
- **Planeación:** con base en el diagnóstico en esta fase se realiza el diseño del proyecto por parte de los estudiantes con asesoría del docente; implica planificar un proceso: de intervención empresarial, social o comunitario, el diseño de un modelo, entre otros, según el tipo de proyecto, las actividades a realizar los recursos requeridos y el cronograma de trabajo.
- **Ejecución:** consiste en el desarrollo de la planeación del proyecto realizada por parte de los estudiantes con asesoría del docente, es decir en la intervención (social, empresarial), o construcción del modelo propuesto según el tipo de proyecto, es la fase de mayor duración que implica el desempeño de las competencias genéricas y específicas a desarrollar.
- **Evaluación:** es la fase final que aplica un juicio de valor en el contexto laboral-profesión, social e investigativo, ésta se debe realizar a través del reconocimiento de logros y aspectos a mejorar se estará promoviendo el concepto de “evaluación para la mejora continua”, la

## 10. Evaluación por competencias

Las sugerencias de evaluación del programa pueden ser divididas en participación y evaluación escrita. La participación activa puede incluir los análisis grupales o individuales de artículos científicos previamente investigados por el estudiante, trabajos de investigación y solución de ejercicios. Por otra parte, la evaluación escrita, es un examen por unidad para comprobar el manejo de aspectos teóricos y declarativos, formulado de acuerdo al contenido del programa; el estudiante debe tener el tiempo suficiente para resolverlo.

Las prácticas de laboratorio deben ser evaluadas con: cumplimiento del reglamento de laboratorio, asistencia, realización y participación activa durante el desarrollo de la misma, llenado de bitácora de laboratorio y reporte escrito y/o electrónico con estructura definida.

A continuación, se mencionan algunos instrumentos de evaluación aplicables:

- Rúbrica de evaluación de desempeño y reporte de prácticas de laboratorio, prácticas de campo y visitas industriales.
- Rúbrica de evaluación de exámenes escritos.
- Autoevaluación de los mapas conceptuales con base en la discusión grupal y rúbrica.
- Rúbrica de revisión de ejercicios.
- Rúbrica de evaluación de exposiciones orales.
- Carpeta de evidencias sobre cumplimiento de tareas y ejercicios.
- Rúbrica de exposición de temas.
- Considerar el desempeño integral del alumno.
- Realizar investigaciones sobre temas específicos, haciendo un análisis y evaluación del mismo mediante carpeta de evidencias.

## 11. Fuentes de información

- Aurelio Hernández Muñoz. Depuración de aguas residuales. Colección Seignor. Servicio de publicaciones de la escuela de Ingenieros de Caminos de Madrid (1998).
- Comisión Nacional del Agua, “Manual de diseño de agua potable, alcantarillado y saneamiento”, libro V, 1ª sección tema 1, México 1993.
- Crites Ron y Tchobanoglous George. Tratamiento de aguas residuales en pequeñas poblaciones”. Mc Graw Hill. 2000
- Davis Mackenzie L. y Cornwell David A. “Introduction to environmental engineering” 2ª. Edición. Mc Graw Hill.
- Eckenfelder, Wesley. Industrial water pollution control. Mc Graw Hill
- Fair, Geyer y Okun, “Purificación de aguas y tratamiento y remoción de aguas residuales”, Limusa-Wiley, 1993.
- Fair-Geyer-Okun. Abastecimiento de agua y remoción de aguas residuales. Limusa.
- Henry, Heinke, “Ingeniería ambiental”, Prentice, 1999.
- Metcalf and Eddy Inc., “Wastewater engineering”, treatment, disposal and reuse, Mc Graw Hill Inc. 1998.
- N. Sawyer Clair & Mc Carty Perry L. Química para ingeniería Ambiental. Mc Graw Hill.
- Nalco. Manual del agua. Mc Graw Hill.
- Peavy Howard S., et al. Environmental engineering. 2ª. Edición. Mc Graw Hill. Singapore, 1984.
- Ramalho R.S., “Tratamiento de aguas residuales”, Reverté, España 1996.
- Romero Rojas, Jairo Alberto. Calidad del agua. Escuela Colombiana de Ingeniería. AlfaOmega.
- Romero Rojas, Jairo Alberto. Potabilización del agua. AlfaOmega.
- Winkler M. A. Tratamiento biológico de aguas de desecho. Limusa.

### Fuentes Electrónicas

- Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, Leyes y Normas. disponible desde internet en: <http://www.semarnat.gob.mx/leyesynormas/Pages/inicio.aspx>
- Ministerio de Medio Ambiente de España. <http://www.mma.es/>
- Tratamiento y recuperación de aguas residuales urbanas. <http://medioambiente.geoscopio.com>
- Centro de Estudios y Experimentación de Obras Públicas de España. <http://www.cedex.es/>
- Agencia Europea del Medio Ambiente. <http://local.es.eea.eu.int/>
- Ingeniería de aguas residuales/ Proceso de tratamientos de aguas industriales Fuente: <http://es.wikibooks.org/w/index.php?oldid=91042> Contribuyentes: Josefpm, Rutrus, 3 ediciones Anónimas. Licencia: Creative Commons Attribution-Share Alike 3.0 Unported <http://creativecommons.org/licenses/by-sa/3.0/>
- Ingeniería de aguas residuales/ Características de las aguas residuales Fuente: <http://es.wikibooks.org/w/index.php?oldid=123365> Contribuyentes: Don Quijote, Josefpm, Morza, Rutrus, 8 ediciones anónimas. Licencia: Creative Commons Attribution-Share Alike 3.0 Unported <http://creativecommons.org/licenses/by-sa/3.0/>



Ingeniería de Aguas Residuales/Procesos Biológicos Aerobios, Fuente:  
B3gicos\_aerobios Licencia: Creative Commons Atribución/Compartir-Igual 3.0