

PROGRAMA DE CURSO

DISEÑO DE SISTEMAS DE TRATAMIENTO DE AGUAS

A. Antecedentes generales del curso:

Departamento	Ingeniería Civil (DIC)					
Nombre del curso	Diseño de sistemas de tratamiento de aguas	Código	CI5162	Créditos	6	
Nombre del curso en inglés	<i>Design of water and wastewater treatment systems</i>					
Horas semanales	Docencia	3	Auxiliares	2	Trabajo personal	5
Carácter del curso	Obligatorio	X		Electivo		
Requisitos	CI4165: Calidad de agua					

B. Propósito del curso:

El curso tiene como propósito que el estudiantado identifique los diferentes procesos de tratamiento de aguas naturales y residuales; asimismo define las bases de cálculo y parámetros de dimensionamiento que se utilizan en el prediseño de obras de tratamiento de agua potable y de aguas servidas.

El curso tributa a las siguientes competencias específicas (CE) y genéricas (CG):

CE1: Concebir, formular y aplicar modelos para la resolución de problemas relacionados con obras y sistemas de ingeniería civil.

CE2: Interpretar y evaluar los métodos, herramientas y tecnologías utilizados y sus resultados, siendo estas computacionales, experimentales, numéricas o analíticas, en la resolución de problemas asociados a obras y sistemas de ingeniería civil.

CE3: Concebir y diseñar obras y sistemas de ingeniería civil que interactúen con el medio ambiente natural y social con criterios de sustentabilidad, logrando cuantificar el potencial impacto del proyecto, generando con ello, sistemas óptimos de mitigación y adaptación.

CEH7: Diseñar, analizar y evaluar proyectos de recursos hídricos y medio ambiente desde una perspectiva sistémica y sustentable, actual y futura, tanto en calidad como cantidad del recurso.

CEH8: Concebir, diseñar, implementar y operar obras de protección, captación, almacenamiento, tratamiento, conducción y distribución del recurso hídrico para distintos usos (riego, agua potable y residual, industrial, generación, minería, etc.), utilizando tanto tecnologías tradicionales como emergentes.

CEH9: Evaluar y diseñar alternativas de mitigación, adaptación, control y seguimiento de impactos ambientales negativos en el recurso hídrico, producto de la actividad humana y de fenómenos naturales.

CG1: Comunicación académica y profesional

Comunicar en español de forma estratégica, clara y eficaz, tanto en modalidad oral como escrita, puntos de vista, propuestas de proyectos y resultados de investigación fundamentados, en situaciones de comunicación compleja, en ambientes sociales, académicos y profesionales.

CG2: Comunicación en inglés

Leer y escuchar de manera comprensiva en inglés una variedad de textos e informaciones sobre temas concretos o abstractos, comunicando experiencias y opiniones, adecuándose a diferentes contextos y a las características de la audiencia.

CG5: Sustentabilidad

Concebir y aplicar nuevas estrategias de solución a problemas de ingeniería y ciencias en el marco del desarrollo sostenible, considerando la finitud de recursos, la interacción entre diferentes actores sociales, ambientales y económicos, además de las regulaciones correspondientes.

C. Resultados de aprendizaje:

Competencias específicas	Resultados de aprendizaje
CE2, CEH7	RA1: Define la calidad de las aguas a tratar, considerando los análisis de aguas y buenas prácticas de ingeniería o criterios de buen diseño (instructivo de fuentes-SISS, aportes per cápita de parámetros contaminantes), para definir, en conjunto con la calidad del producto, los procesos de tratamiento.
CEH9, CG5	RA2: Analiza y utiliza la normativa nacional vigente (instructivo de fuentes, NCh409, DS90, DS4) y regulaciones vigentes sobre calidad del afluente y del producto/efluente (agua potable y aguas servidas tratadas), considerando rangos o límites aceptables en el diseño de procesos de tratamiento.

CE3	RA3: Identifica los procesos de tratamiento (sedimentación, filtración, desinfección, tratamiento biológico, entre otros), diferenciando la eficacia de cada uno en la remoción de contaminantes específicos.
CE1, CE3	RA4: Utiliza los modelos o ecuaciones de diseño para cada proceso de tratamiento, considerando sus rangos de aplicabilidad para cada situación.
CEH7, CEH8	RA5: Prediseña plantas de tratamiento de agua potable y de aguas servidas, determinando las bases de cálculo en términos de caudal, parámetros contaminantes, la calidad requerida del producto/efluente y modelando los procesos de tratamiento pertinentes.
Competencias genéricas	Resultados de aprendizaje
CG1	RA6: Elabora, de manera clara y precisa, explicaciones o argumentos sobre la determinación de parámetros de diseño óptimo para plantas de tratamiento y/o proceso existentes o proyectadas, considerando bases de cálculo, calidad del producto/efluente, componentes del sistema, dimensionamientos y productos químicos.
CG1, CG2	RA7: Lee en inglés y/o español, textos de diversa naturaleza: papers, manuales y normativa vigente (instructivo de fuentes, NCh409, DS90, DS4), utilizando la lectura estratégica para extraer y usar conceptos y teorías en su propuesta de prediseño, en el contexto de su ámbito de trabajo.

D. Unidades temáticas:

Módulo agua potable

Número	RA al que tributa	Nombre de la unidad	Duración en semanas
1	RA1, RA2	Normativa para agua potable	1 semana
Contenidos		Indicador de logro	
1.1. Normativa vigente (instructivo de fuentes, NCh409 para definir procesos). 1.2. NCh691 para definir caudales de diseño.		El/la estudiante: 1. Reconoce normas y regulaciones vigentes en el ámbito en que se desempeña su accionar, en específico, para agua potable, en función de rangos o límites aceptables para procesos y caudales. 2. Define la calidad y el caudal de las aguas a tratar, considerando los análisis de aguas y las buenas prácticas de ingeniería o criterios de buen diseño (instructivo de fuentes-SISS).	
Bibliografía de la unidad		[Apuntes del curso]	

Número	RA al que tributa	Nombre de la unidad	Duración en semanas
2	RA3, RA4, RA5, RA6, RA7	Coagulación y floculación	1 semana
Contenidos		Indicador de logro	
2.1. Concepto de coagulación. 2.2. Clases de coagulación. 2.3. Eficiencia de coagulación. 2.4. Coagulantes. 2.5. Tipos de coaguladores. 2.6. Dimensionamiento de coaguladores. 2.7. Definición de floculación. 2.8. Tiempo de detención y gradiente de floculación. 2.9. Tipos de floculadores. 2.10. Dimensionamiento de floculadores.		El/la estudiante: 1. Usa los conceptos de coagulación y floculación para el diseño preliminar de unidades de proceso. 2. Determina parámetros de diseño óptimo, a partir de datos de ensayo simulado, explicando y/o argumentando de manera clara y precisa su obtención. 3. Resuelve ecuaciones de diseño de los procesos de tratamiento (coagulación y floculación). 4. Utiliza la lectura de textos profesionales en inglés y/o español (instructivos sobre pruebas de jarra y plantas pilotos) para la construcción de soluciones en su quehacer, extrayendo y usando conceptos y valores de parámetros.	
Bibliografía de la unidad		[Apuntes del curso]	

Número	RA al que tributa	Nombre de la unidad	Duración en semanas
3	RA3, RA4, RA5, RA6, RA7	Sedimentación	1 semana
Contenidos		Indicador de logro	
3.1. Concepto de sedimentación. 3.2. Tipos de sedimentación. 3.3. Eficiencia de sedimentación. 3.4. Tasa de sedimentación. 3.5. Tipos de sedimentadores. 3.6. Dimensionamiento de sedimentadores.		El/la estudiante: <ol style="list-style-type: none"> 1. Usa los conceptos de sedimentación para el diseño preliminar de unidades de proceso. 2. Determina parámetros de diseño óptimo, a partir de datos de ensayo simulado, explicando de manera clara y precisa su obtención. 3. Utiliza ecuaciones que representan modelos de sedimentación. 4. Lee en inglés y/o español instructivos sobre sedimentación, usando conceptos y valores de parámetros relativos a la sedimentación. 	
Bibliografía de la unidad		[Apuntes del curso]	

Número	RA al que tributa	Nombre de la unidad	Duración en semanas
4	RA3, RA4, RA5, RA6, RA7	Filtración	2 semanas
Contenidos		Indicador de logro	
4.1. Concepto de filtración. 4.2. Tasa de filtración. 4.3. Tipos de filtros. 4.4. Componentes de un filtro (medio filtrante, soporte del medio filtrante, sistema de drenaje, sistema de lavado). 4.5. Lavado (tipos, tasas, fluidización). 4.6. Dimensionamiento de filtros.		El/la estudiante: <ol style="list-style-type: none"> 1. Usa los conceptos de filtración para el diseño preliminar de unidades de proceso. 2. Determina parámetros de diseño óptimo, a partir de datos de ensayos ya realizados que se analizan, explicando, de manera clara y precisa, su obtención. 3. Utiliza ecuaciones que representan modelos de filtración. 4. Lee en inglés y/o español textos profesionales, utilizando la lectura estratégica para extraer conceptos y valores de parámetros que se usan para filtración. 	
Bibliografía de la unidad		[Apuntes del curso]	

Número	RA al que tributa	Nombre de la unidad	Duración en semanas
5	RA3, RA4, RA5, RA6, RA7	Remoción de As, Fe y Mn	1 semana
Contenidos		Indicador de logro	
5.1. Efectos sobre la salud. 5.2. Oxidación. 5.3. Ajuste de pH. 5.4. Adsorción. 5.5. Residuos. 5.6. Dimensionamiento.		El/la estudiante: <ol style="list-style-type: none"> 1. Usa los conceptos de remoción de As, Fe y Mn para el diseño preliminar de unidades de proceso. 2. Determina parámetros de diseño óptimo, a partir de datos de ensayos ya realizados que se analizan, explicando de manera clara y precisa su obtención. 3. Utiliza ecuaciones que representan modelos de remoción de As, Fe y Mn. 4. Lee en español y/o inglés textos profesionales y académicos, para extraer conceptos y valores de parámetros que se utilizan para remoción de As, Fe y Mn. 	
Bibliografía de la unidad		[Apuntes del curso]	

Número	RA al que tributa	Nombre de la unidad	Duración en semanas
6	RA3, RA4, RA5, RA6, RA7	Desinfección	1 semana
Contenidos		Indicador de logro	
6.1. Concepto de desinfección. 6.2. Tipos de desinfectantes. 6.3. Criterios de diseño de cloración. 6.4. Seguridad en las instalaciones. 6.5. Dimensionamiento de plantas de cloración.		El/la estudiante: <ol style="list-style-type: none"> 1. Usa los conceptos de desinfección para el diseño preliminar de unidades de proceso. 2. Determina parámetros de diseño óptimo, a partir de datos de ensayo simulado, explicando, de manera clara y precisa, su obtención. 3. Utiliza ecuaciones que representan modelos de desinfección. 4. Lee en inglés y/o español textos profesionales - instructivos de la superintendencia de servicios sanitarios (SISS)- para extraer valores de parámetros que se utilizan para desinfección. 	
Bibliografía de la unidad		[SISS, Resoluciones N°413 y N°666.] [The Chlorine Institute, Site Security Guidance for Chlorine Facilities, 2002. Clifford White, Handbook of Chlorination.]	

Número	RA al que tributa	Nombre de la unidad	Duración en semanas
7	RA3, RA4, RA5, RA6, RA7, RA8	Fluoración	0,5 semana
Contenidos		Indicador de logro	
7.1. Concepto de fluoración. 7.2. Marco legal. 7.3. Productos químicos. 7.4. Criterios de diseño defluoración. 7.5. Riesgos. 7.6. Dimensionamiento de plantas de fluoración.		El/la estudiante: <ol style="list-style-type: none"> 1. Usa los conceptos de fluoración para el diseño preliminar de unidades de proceso. 2. Determina parámetros de diseño óptimo, a partir de datos de ensayo simulado, explicando de manera clara y precisa su obtención. 3. Utiliza ecuaciones de diseño de fluoración. 4. Utiliza la lectura de textos profesionales (instructivos del MINSAL) para extraer valores de parámetros que se utilizan para fluoración. 	
Bibliografía de la unidad		[MINSAL, Normas de Uso de Fluoruros en la Prevención Odontológica, 1998]. [OPS, La Fluoruración del Agua. Un Manual para Operadores de Plantas de Agua, 1997]. [Ministry of Health, New Zealand, Public Health Risk Management Plan Guide Treatment Processes – Fluoridation Version 1, Ref P9, 2001].	

Módulo aguas servidas

Número	RA al que tributa	Nombre de la unidad	Duración en semanas
8	RA1, RA2	Características de las aguas Residuales	0,5 semana
Contenidos		Indicador de logro	
8.1. Características de las aguas residuales. Caudales, cargas orgánicas y parámetros indeseables. 8.2. Reseña de las operaciones y procesos fundamentales en el tratamiento de aguas residuales. 8.3. Esquemas generales de plantas de tratamiento.		El/la estudiante: 1. Identifica parámetros representativos de las aguas residuales, y las relaciones entre ellos. 2. Utiliza parámetros para el dimensionamiento de procesos de tratamiento. 3. Integra la normativa (DS90, DS4) y regulación vigente aplicable en los procedimientos y procesos de tratamiento de las aguas residuales.	
Bibliografía de la unidad		[Apuntes del curso] [Norma D.S. 90, DS4]	

Número	RA al que tributa	Nombre de la unidad	Duración en semanas
9	RA3, RA4, RA5, RA6, RA7	Tratamiento preliminar y primario	0,5 semana
Contenidos		Indicador de logro	
9.1. Rejas, tamices, desarenadores, sedimentación primaria.		El/la estudiante: 1. Define variables de diseño para el dimensionamiento de unidades de tratamiento preliminar y primario. 2. Determina la producción de residuos y lodos asociados a unidades de tratamiento preliminar y primario. 3. Utiliza la lectura estratégica de textos académicos y profesionales (bibliografía en inglés y/o español), para extraer parámetros y criterios de diseño.	
Bibliografía de la unidad		[Apuntes del curso] [Metcalf & Eddy. "Wastewater Engineering: Treatment and Reuse". McGraw-Hill Inc., 5th Edition, 2014]	

Número	RA al que tributa	Nombre de la unidad	Duración en semanas
10	RA3, RA4, RA5, RA6, RA7	Procesos Biológicos	2,5 semanas
Contenidos		Indicador de logro	
<p>10.1. Generalidades. Biomasa y sustratos.</p> <p>10.2. Cinética de degradación de la materia orgánica y crecimiento bacteriano.</p> <p>10.3. Lodos Activados: Descripción, características y esquemas del sistema.</p> <p>10.4. Modificaciones al proceso.</p> <p>10.5. Modelos cinéticos. Producción de lodos. Requerimientos de oxígeno.</p> <p>10.6. Procesos Biológicos en cultivo fijo. Descripción. Modelos.</p> <p>10.7. Lagunas de estabilización y lagunas aireadas.</p>		<p>El/la estudiante:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Identifica y determina los parámetros de diseño de un proceso biológico. 2. Realiza balance de masas del sistema, considerando el interrelacionar las variables de proceso y dimensionar las unidades del mismo. 3. Define los requerimientos de oxígeno y dimensionar equipamiento de aireación. 4. Utiliza la lectura estratégica de textos académicos y profesionales (bibliografía en inglés y/o español) para estudiar modelos cinéticos que utiliza para determinar la producción y características esperadas de los lodos del sistema. 	
Bibliografía de la unidad		<p>[Apuntes del curso]</p> <p>[Metcalf & Eddy. "Wastewater Engineering: Treatment and Reuse". McGraw-Hill Inc., 4th Edition, 2003.]</p> <p>[Henze M., Van Loosdrecht M.C.M., Ekama G.A., and Brdjanovic D. (2008). Biological Wastewater Treatment: Principles, Modelling and Design. London: IWA Publishing]</p> <p>[Nannig J., Mena M.P., Rojas N., ASSM (Activated Sludge Simple Model), XXXI CONGRESO INTERAMERICANO AIDIS, Santiago – CHILE, 12 – 15 octubre de 2008]</p>	

Número	RA al que tributa	Nombre de la unidad	Duración en semanas
11	RA3, RA4, RA5, RA6, RA7	Sedimentación secundaria	1 semana
Contenidos		Indicador de logro	
11.1. Clarificación de efluentes proceso biológico. 11.2. Teoría flujo másico.		<p>El/la estudiante:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Compara la sedimentación simple y la sedimentación de biomasa en procesos secundarios, estableciendo sus diferencias. 2. Dimensiona unidades de sedimentación secundaria e interrelaciona las variables con el dimensionamiento de los reactores biológicos. 3. Utiliza la lectura estratégica de textos académicos y profesionales (bibliografía en inglés y/o español) para extraer parámetros y criterios de diseño aplicables a su quehacer disciplinar. 	
Bibliografía de la unidad		<p>[Apuntes del curso] [ATV-DVWK (2000). ATV-DVWK Standard A 131E, Dimensioning of Single-Stage Activated Sludge Plants, ATV-DVWK, Water, Wastewater, Waste, Hennef, Germany] [Ekama, G.A., Barnard, J.L., Günthert, F.W., Krebs, P. McCorquodale, J.A., Parker, D.S., Wahlberg, E.J. (1997) Secondary Settling Tanks: Theory, Modelling, Design and Operation. Scientific and Technical Report N°6, International Association on Water Quality (IAWQ)] [J. Nannig. "Sedimentación secundaria en procesos de lodos activados", 2003]</p>	

Número	RA al que tributa	Nombre de la unidad	Duración en semanas
12	RA3, RA4, RA5, RA6, RA7	Tratamiento y disposición de lodos	2 semanas
Contenidos		Indicador de logro	
12.1. Espesamiento de lodos. 12.2. Estabilización biológica y química de lodos: Digestión anaerobia, digestión aeróbica, estabilización con cal. 12.3. Deshidratado. Disposición Final.		El/la estudiante: 1. Identifica las variables de diseño para el dimensionamiento de las unidades de tratamiento de lodos. 2. Realiza balance de masas completo al sistema de tratamiento. 3. Utiliza la lectura estratégica de textos académicos y profesionales (bibliografía en inglés y/o español) para extraer parámetros y criterios de diseño aplicables a su quehacer disciplinar.	
Bibliografía de la unidad		[Apuntes del curso] [D.S. 4/2009 Reglamento para el manejo de lodos generados en el tratamiento de aguas servidas.] [Metcalf & Eddy. "Wastewater Engineering: Treatment and Reuse". McGraw-Hill Inc., 5th Edition, 2014]	

Número	RA al que tributa	Nombre de la unidad	Duración en semanas
13	RA3, RA4, RA5, RA6, RA7, RA8	Control de gases odoríferos	1 semana
Contenidos		Indicador de logro	
13.1. Emisión de gases odoríferos en plantas de tratamiento de aguas servidas. 13.2. Tratamiento de gases odoríferos.		El/la estudiante: 1. Identifica las variables de diseño para el dimensionamiento de las unidades de tratamiento de gases odoríferos. 2. Realiza balance de masas de gases odoríferos. 3. Utiliza la lectura estratégica de textos académicos y profesionales (bibliografía en inglés y/o español) para extraer parámetros y criterios de diseño aplicables a su quehacer disciplinar.	
Bibliografía de la unidad		[Apuntes del curso] [Metcalf & Eddy. "Wastewater Engineering: Treatment and Reuse". McGraw-Hill Inc., 5th Edition, 2014]	

E. Estrategias de enseñanza -aprendizaje:

El curso considera las siguientes estrategias:

- El curso contempla **clases expositivas y resolución de problemas**: dos cátedras a la semana y una de docencia auxiliar. Esta última se utilizará para resolver problemas que aclaren los conceptos entregados en clases de cátedra o para realizar actividades de evaluación (ejercicios y controles).
- **Visitas a terreno**: se realizará visitas a plantas de tratamiento de agua potable y de aguas servidas con el objeto de proveer una verificación empírica de la teoría presentada en clases.

F. Estrategias de evaluación:

El curso considera diversas instancias de evaluación:

Tipo de evaluación	Resultado de aprendizaje asociado a la evaluación
▪ Controles	Evalúa RA1, RA3, RA4, RA5, RA6, RA7
▪ Ejercicios	Evalúa RA1, RA2
▪ Tarea	Evalúa RA5, RA6
▪ Examen	Evalúa RA1, RA3, RA4, RA5, RA6, RA7

Al inicio de cada semestre, el cuerpo académico informará sobre la cantidad y tipo de evaluaciones, así como las ponderaciones correspondientes. Es importante señalar que el estudiantado trabaje, de manera responsable, en sus actividades evaluativas, en los plazos asignados, y sin incurrir en plagio, copia, suplantación de identidad para la realización de controles y examen.

G. Recursos bibliográficos:

Bibliografía obligatoria:

Módulo agua potable

- [1] Arboleda, J. (1994). Teoría y Práctica de la Purificación del Agua.
- [2] AWWA (2002). Calidad y Tratamiento del Agua.
- [3] CEPIS, Tratamiento de agua para consumo humano, Plantas de Filtración Rápida, 2004.
- [4] Clifford White, Handbook of Chlorination
- [5] Di Bernardo Luiz, Métodos e Técnicas de Tratamiento de Agua, ABES, 1993.
- [6] Great Lakes – Upper Mississippi River Board of State and Provincial Public Health and Environmental Managers, Recommended Standards for Water Works, 2012.
- [7] MDDEP, (2005). Québec, Guide de conception des installations de production d'eau potable.
- [8] Ministerio de Desarrollo Económico, Colombia (2000). Reglamento Técnico del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico.
- [9] AWWA (1999). Iron and Manganese Removal Handbook.
- [10] AWWA-USEPA (2005). Adsorbent Treatment Technologies for Arsenic Removal.
- [11] Iberoarsen (2010). Tecnologías Económicas para el Abatimiento del Arsénico en Aguas.
- [12] USEPA (2003). Arsenic Treatment Technology Evaluation Handbook for Small Systems.
- [13] USEPA (2009). Arsenic Removal from Drinking Water by Coagulation/Filtration.
- [14] The Chlorine Institute (2002). Site Security Guidance for Chlorine Facilities.
- [15] NCh 401. Agua potable - Plantas de tratamiento - Material de filtro granular
- [16] NCh 409/1 Agua Potable. Requisitos.
- [17] NCh 409/2 Agua Potable. Muestreo
- [18] NCh 691. Agua potable - Producción, conducción, almacenamiento y distribución – Requisitos de diseño
- [18] NCh 1365. Agua Potable: Plantas de tratamiento. Terminología.
- [19] NCh 1366. Agua Potable: Plantas de tratamiento. Generalidades.
- [20] NCh. 1367. Agua Potable: Desarenadores y sedimentadores simples (sin coagulación previa).

Módulo aguas servidas

- [21] Metcalf & Eddy (2014). "Wastewater Engineering: Treatment and Reuse". McGraw-Hill Inc., 5th Edition.
- [22] Henze M., Van Loosdrecht M.C.M., Ekama G.A., and Brdjanovic D. (2008). Biological Wastewater Treatment: Principles, Modelling and Design. London: IWA Publishing.
- [23] Nannig J., Mena M.P., Rojas N., ASSM (Activated Sludge Simple Model), XXXI CONGRESO INTERAMERICANO AIDIS, Santiago – CHILE, 12 – 15 octubre de 2008
- [24] ATV-DVWK (2000). ATV-DVWK Standard A 131E, Dimensioning of Single-Stage Activated Sludge Plants, ATV-DVWK, Water, Wastewater, Waste, Hennef, Germany.

- [25] Ekama, G.A., Barnard, J.L., Günthert, F.W., Krebs, P. McCorquodale, J.A., Parker, D.S., Wahlberg, E.J. (1997) Secondary Settling Tanks: Theory, Modelling, Design and Operation. Scientific and Technical Report N°6, International Association on Water Quality (IAWQ).
- [26] Norma de emisión para la regulación de contaminantes asociados a las descargas de residuos líquidos a aguas marinas y continentales superficiales”, D.S. 90/00.
- [25] Reglamento para el manejo de lodos generados en plantas de tratamiento de aguas servidas DS N°4/2009.

H. Datos generales sobre elaboración y vigencia del programa de curso:

Vigencia desde:	Otoño 2023
Elaborado por:	Gerardo Ahumada, Javier Nannig
Validado por:	Validación académica par: Área de HSA
Revisado por:	Área de Gestión Curricular